

บทที่ 4


การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไทยเพื่อสุขภาพ

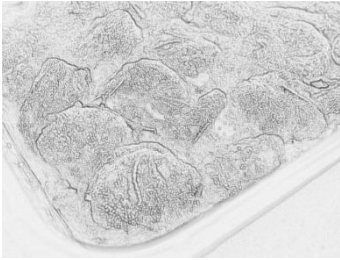
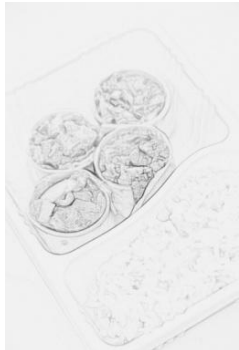
จากผลการดำเนินการคัดเลือกและกำหนดรายการอาหารเพื่อพัฒนาเป็นอาหารไทยเพื่อสุขภาพ ดังรายละเอียดในบทที่ 3 นั้น สามารถสรุปแนวคิดของผลิตภัณฑ์ (Product Concept) ได้ ดังตารางที่ 4.1

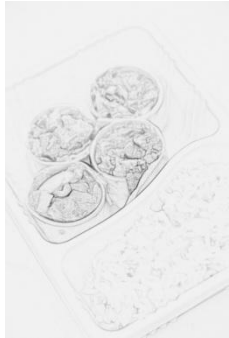
4.1 แนวคิดของผลิตภัณฑ์ (Product Concept)

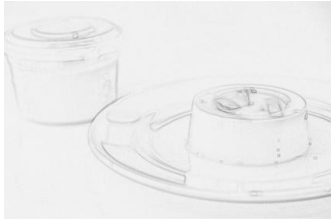

แนวคิดผลิตภัณฑ์อาหารไทยเพื่อสุขภาพ เป็นการพัฒนาอาหารไทยให้มีปริมาณแคลอรีลดลง กว่าปกติและพัฒนาารูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้มีความแตกต่างไปจากเดิม เพื่อแสดงถึงความเป็นนวัตกรรมของอาหารไทยเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 4.1 แนวคิดของผลิตภัณฑ์ (Product Concept)

ผลิตภัณฑ์เดิม	แนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่
<p>1. ขาหมู</p> <ul style="list-style-type: none">- มีไขมันจำนวนมาก และให้พลังงานสูง รวมทั้งมีปริมาณแคลอรีที่สูงมาก- ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ควบคุมน้ำหนักและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ	<p>1. ขาหมูลดมัน</p> <ul style="list-style-type: none">- ผลิตภัณฑ์ขาหมูลดมันมีไขมันและพลังงาน รวมถึงปริมาณแคลอรีที่น้อยกว่าสูตรปกติ- ลักษณะของผลิตภัณฑ์แตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์เดิม- สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟสามารถรับประทานได้ทันที และไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง- เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่อยู่ดูแลสุขภาพ- เพิ่มสารสำคัญต่อสุขภาพ ทำได้โดยเติมในน้ำซุ๊ปได้ แต่จะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต 

ผลิตภัณฑ์เดิม	แนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่
<p>2. พะแนงกุ้ง</p> <ul style="list-style-type: none"> - มีไขมันจากกะทิในปริมาณมาก ซึ่งมีผลต่อสุขภาพและการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว - มีปริมาณแคลอรีสูง - ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่อยู่แลสุขภาพ 	<p>2. พะแนงไก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์พะแนงไก่ให้พลังงานลดลงกว่าสูตรปกติ - สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟสามารถรับประทานได้ทันที - เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่อยู่แลสุขภาพ - ไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง 
<p>3. แกงเขียวหวานหมู</p> <ul style="list-style-type: none"> - มีไขมันจากกะทิในปริมาณมาก - ให้แคลอรีในปริมาณที่สูง - ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่อยู่แลสุขภาพ 	<p>3. แกงเขียวหวานหมู (ไข่ม้วน)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานหมู (ไข่ม้วน) มีพลังงานไขมัน และแคลอรีน้อยกว่าสูตรปกติ - เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่อยู่แลสุขภาพ - มีรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม - สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟสามารถรับประทานได้ทันที - ไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง 

ผลิตภัณฑ์เดิม	แนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่
<p>4. แกงมัสมั่นไก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - มีไขมันจากกะทิในปริมาณมาก - ให้แคลอรีในปริมาณที่สูง - ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่คุณแลสุขภาพ 	<p>4. แกงมัสมั่นไก่ (ไข่ม้วน)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์มัสมั่นไก่ (ไข่ม้วน) มีพลังงานไขมัน และแคลอรีน้อยกว่าสูตรปกติ - มีรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม - เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่คุณแลสุขภาพ - สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟสามารถรับประทานได้ทันที - ไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง 
<p>5. ผัดไทย</p> <ul style="list-style-type: none"> - ให้พลังงานสูง ซึ่งได้จากเส้นที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ - มีไขมันในปริมาณมาก ไม่เหมาะสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักและผู้ที่คุณแลสุขภาพ 	<p>5. ผัดไทย</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์ผัดไทย ให้พลังงานน้อยกว่าสูตรปกติ เนื่องจากปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่ให้พลังงานน้อยกว่ามาใช้แทน - เหมาะสำหรับผู้เป็นโรคเบาหวาน และผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก รวมถึงผู้ที่คุณแลสุขภาพ - สะดวกในการรับประทาน - เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟยังคงรสชาติ เนื้อสัมผัสได้ดี และมีคุณภาพเหมือนปรุงสด - ไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์เดิม	แนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่
<p>6. ข้าวต้มปลาทรงเครื่อง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ให้พลังงานสูง ไม่เหมาะสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักและดูแลสุขภาพ 	<p>6. ข้าวต้มปลาทรงเครื่อง</p> <ul style="list-style-type: none"> - เพิ่มเส้นใยอาหาร เช่น วนัมพะร้าว ลงในผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร - เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่ดูแลสุขภาพ - สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟสามารถรับประทานได้ทันที
<p>7. สังขยาฟักทอง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ให้แคลอรีในปริมาณสูง - ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น - ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่ดูแลสุขภาพ 	<p>7. เจลลี่สังขยา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์วันสังขยาฟักทอง ให้พลังงานและแคลอรีน้อยกว่าสูตรปกติ - สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟ - เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่ดูแลสุขภาพ - ไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง 
<p>8. ลอดช่องไทย</p> <ul style="list-style-type: none"> - ให้แคลอรีในปริมาณที่สูง - แช่เยือกแข็งแล้วนำมาทำให้เย็นแล้วขนมมีการแยกชั้น - ตัวลอดช่องมีคุณภาพไม่เหมือนเดิมเมื่อแช่เยือกแข็ง - ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่ดูแลสุขภาพ 	<p>8. ลอดช่อง ลอดช่องไทย</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์ลอดช่องไทยให้พลังงานและแคลอรีน้อยกว่าสูตรปกติ - เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่ดูแลสุขภาพ - สะดวกในการรับประทาน เมื่ออุ่นด้วยไมโครเวฟมีคุณภาพเหมือนลอดช่องสด - สามารถใส่น้ำแข็งและรับประทานได้ทันที - ไม่มีในตลาดอาหารไทยแช่เยือกแข็ง 

จากการคัดเลือกรายการอาหารสำหรับนำมาพัฒนาเป็นอาหารไทยเพื่อสุขภาพ แบ่งเป็นอาหารคาวจำนวน 8 รายการ และอาหารหวาน 2 รายการดังนี้

อาหารคาว

1. ขาหมูลดมัน กล้วยปลากุ้ง และพะแนงไก่
2. ซดแกงห่อไข่ ได้แก่ ผัดไทยเส้นไข่ แกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ ต้มข่าไก่ห่อไข่ และไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่

อาหารหวาน

1. ลอดช่องไทย
2. วุ้นสังขยาฟักทอง

4.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอาหารไทย ขาหมูลดมัน กล้วยปลากุ้ง พะแนงไก่ และข้าวต้มปลา

4.2.1 หลักการพัฒนาอาหารลดพลังงานด้วยการใช้วุ้นน้ำมะพร้าว

ขาหมูลดมัน

ขาหมูเป็นอาหารจานโปรดของใครหลายคนที่ไม่กล้ารับประทานบ่อยนัก เนื่องจากภาพลักษณ์ของอาหารจานนี้อุดมด้วยไขมัน ซึ่งจะเห็นได้จากไขมันสีขาวแทรกอยู่ระหว่างหนังและเนื้อที่หนาพอควร แม้ผู้บริโภคจะเลือกรับประทานเนื้อไม่เอาหนัง แต่ก็จะมีไขมันติดมาด้วย ซึ่งอาหารที่มีไขมันสูงเหล่านี้ย่อมเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ อาทิเช่น โรคหลอดเลือด คอเลสเตอรอลสูง โรคอ้วน เป็นต้น

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการวิจัยพัฒนาขาหมูชนิดที่ลดไขมัน โดยใช้หลักการในการกำจัดไขมันที่แทรกระหว่างหนังกับเนื้อออกให้มากที่สุด นั่นคือการขึ้นรูปใหม่ โดยนำหนังหมูมาแยกเอาไขมันออกให้หมด หรือใช้หนังหมูที่ไม่มีมัน ซึ่งจากผลวิเคราะห์ของโครงการนี้พบว่าหนังหมู 100 กรัม ประกอบด้วย โปรตีนปริมาณ 25.37 กรัม และไขมัน 9.83 กรัม ในขณะที่เนื้อหมู 100 กรัม ประกอบด้วย โปรตีนปริมาณ 19.6 กรัม และไขมัน 3.3 กรัม (กรมอนามัย, 2545) จากนั้นนำส่วนที่เป็นเนื้อหมูมาละลายไขมันออกให้หมด นำหนังหมูมาพันรอบเนื้อหมู โดยใช้เอนไซม์ ทรานส์กลูตามิเนส (Transglutaminase, TG) เป็นเอนไซม์ที่พบได้ในสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ เช่น หมู วัว ไก่ ปลา อาหารทะเล ถั่ว ดอกทานตะวัน และจุลินทรีย์ เป็นต้น มีหน้าที่ประสานให้เกิดโครงข่ายของโปรตีน (protein networking) ทำงานด้วยการกระตุ้นให้สร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่างกรดอะมิโน (amino acid) สองชนิดคือ กลูตามีน (glutamine) และไลซีน (lysine) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ผลิตเพื่อการค้า ได้จากกระบวนการหมัก (fermentation) ด้วยจุลินทรีย์ ถูกนำมาใช้ในการเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นรูปในเชิงพาณิชย์

การเตรียมขาหมูลดมันในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจากบริษัทอายิโนะโมะโต๊ะ (Ajinomoto's Transglutaminase enzymes) ทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมหนังหมูที่นำมาพันห่อเนื้อหมู

ล้วนให้ติดกัน หั่นเป็นท่อนตามต้องการ จะได้ขามูขี้แห้งรูปที่มีไขมันต่ำกว่าขามูปกติ กล่าวได้ว่าขามูขี้แห้งชนิดลดมันนี้ถือว่าเป็นนวัตกรรมที่น่าจะเผยแพร่และถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการได้

ฉู่ฉี่ปลา และพะแนงไก่

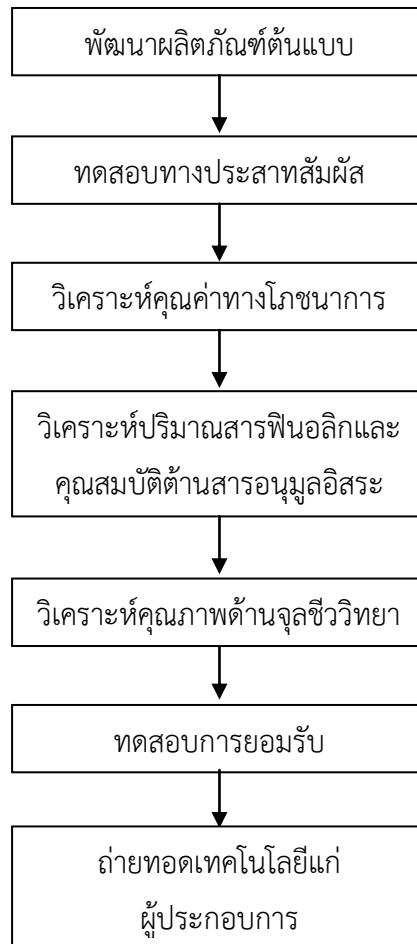
อาหารทั้ง 2 ชนิด เป็นอาหารไทยที่มีกลิ่นหอมของเครื่องเทศ สมุนไพรไทย มีกะทิเป็นส่วนผสม เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วยสารอาหารชนิดต่าง ๆ จากผลวิจัยพบว่า ฉู่ฉี่ปลา 100 กรัม ให้พลังงาน 176 กิโลแคลอรี โปรตีน 13.76 กรัม และไขมัน 10.43 กรัม นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเสริม สร้างสุขภาพ มีสารฟีนอลิก 54.87 มิลลิกรัม สมมูลกรดแกลลิก มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ เท่ากับ 13.48 มิลลิกรัม สมมูลของวิตามินซี ซึ่งแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้จากพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้ในเครื่องแกงคือ พริกแห้ง ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด ผิวมะกรูด ซึ่งจากผลวิจัยพบว่าเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (เพลินใจ และคณะ, 2548)

พะแนงไก่เป็นอาหารไทยที่ได้รับความนิยมจากทั้งคนไทยและต่างประเทศ กล่าวได้ว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเสริมสร้างสุขภาพ ผลการวิจัยพบว่า พะแนงไก่ 100 กรัม ให้พลังงาน 168 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 14.58 กรัม ไขมัน 9.3 กรัม โยอาหาร 1.3 กรัม ที่สำคัญยังมีสารฟีนอลิก 80.83 มิลลิกรัม สมมูลกรดแกลลิก มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ เท่ากับ 18.59 มิลลิกรัม สมมูลของวิตามินซี/อาหาร 100 กรัม โดยได้จากเครื่องเทศสมุนไพรที่เป็นส่วนผสมของเครื่องแกง ได้แก่ พริก ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด ลูกผักชี ยี่หระ

อย่างไรก็ตามเนื่องจากอาหารทั้งสองเป็นอาหารที่มีส่วนผสมเป็นกะทิ จึงให้พลังงานสูงกว่าอาหารไทยที่ไม่ใส่กะทิ ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยพัฒนาฉู่ฉี่ปลาและพะแนงไก่ ชนิดลดพลังงาน โดยอาศัยหลักการทดแทนปริมาณกะทิด้วยวัตถุดิบอาหารที่ไม่ให้พลังงาน นั่นคือวุ้นน้ำมะพร้าว (วุ้นสวรรค์) หรือ วุ้นมะพร้าว หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “Nata de coco” เป็น gelatinous bacteria cellulose ถูกจัดเป็นสารอาหารประเภทเส้นใยอาหาร ที่ได้จากกระบวนการหมักน้ำมะพร้าว ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ด้วยแบคทีเรียกรดน้ำส้ม (*Acetobacter xylinum*) ได้วุ้นที่เป็นเยื่อเหนียวสีขาว ลักษณะเฉพาะของวุ้นสวรรค์เป็นเส้นใยขนาดเล็กมาก ใส มีความเป็น Hydrophilic สูง การนำวุ้นน้ำมะพร้าวมาใช้เป็นส่วนผสม โดยนำมาปั่นให้ละเอียด ได้นื้อเนียน ไม่มีกลิ่น มีรสจืด จึงไม่มีผลกระทบต่อสี กลิ่น รสชาติของอาหาร ที่สำคัญเป็นแหล่งของใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ใยอาหารช่วยให้การขับถ่ายดีขึ้น และใช้ในการควบคุมน้ำหนัก (สมคิด, 2531)

4.2.2 วิธีดำเนินงาน

การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง มีขั้นตอนดังนี้



4.2.2.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบอาหารลดพลังงานชนิดแช่เยือกแข็ง (รายละเอียดในภาคผนวก ซ)

ชาหมูลดมัน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ค้นคว้าและคัดเลือกตำรับชาหมู มาศึกษาเพื่อพัฒนาตำรับ
2. ทดสอบความเป็นไปได้ในการเชื่อมต่อของหนังหมูและเนื้อหมู เพื่อใช้ทำชาหมูขึ้นรูป
3. พัฒนาการขึ้นรูปชาหมูให้ได้รูปทรงคล้ายกับชาหมู เลือกท่อนชาใกล้เคียง
4. พัฒนาเทคนิคการต้มชาหมูเพื่อไม่ให้น้ำต้มชาหมูขุ่นและมีตะกอน โดยการต้มชาหมูในน้ำให้เดือดประมาณ 15 นาที เหน้ร้อนทิ้ง ล้างตะกอนที่ติดอยู่กับชาหมูออกให้หมด
5. พัฒนาเทคนิควิธีการทำ/ใช้ส่วนผสม เพื่อให้ได้กลิ่นที่ใกล้เคียงกับชาหมู (แตกต่างจากหมูพะโล้ที่มีกลิ่นของรากผักชี) การเตรียมส่วนผสมให้มีกลิ่นหอม เช่น เจริญกระเทียม เคี้ยวน้ำตาลให้ได้สีที่เหมาะสม เป็นต้น

ฉู่ฉี่ปลาและพะแนงไก่

ฉู่ฉี่และพะแนงเป็นอาหารประเภทแกงใส่กะทิ มีน้ำขลุกขลิกและข้น พริกแกงมีส่วนสำคัญมากต่อกลิ่นหอม รสชาติของอาหาร โดยส่วนผสมของพริกแกงฉู่ฉี่ ได้แก่ หอม กระเทียม พริกแห้ง ตะไคร้ ข่า รากผักชี ผิวมะกรูด กะปิ เกลือ พริกไทย สำหรับพริกแกงพะแนง ได้แก่ พริกชี้ฟ้าแห้ง ข่า ตะไคร้ หอมแดง กระเทียม รากผักชี พริกไทย ผิวมะกรูด กะปิ ลูกผักชี ยี่หระ ซึ่งหากใช้อัตราส่วนไม่เหมาะสม ก็จะทำให้อาหารมีรสชาติไม่อร่อย ดังนั้นขั้นตอนการดำเนินการมีดังนี้

1. นำน้ำพริกแกงยี่ห้อต่าง ๆ ที่จำหน่ายในท้องตลาดทดลองทำอาหาร คือ ยี่ห่อน้ำใจ แม่ศรี และนิตยามาทดสอบโดยใช้ตำรับมาตรฐาน เปรียบเทียบกลิ่น รสชาติ เพื่อคัดเลือกยี่ห้อที่เป็นที่ยอมรับในด้านเอกลักษณ์ของฉู่ฉี่และพะแนง

2. ทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้วุ้นน้ำมะพร้าวปั่นเป็นส่วนผสมในน้ำกะทิ ทำให้น้ำแกงข้น ลักษณะเหมือนกับสูตรปกติที่ได้จากการผัดพริกแกงกับกะทิ

3. พัฒนาสูตรอาหารฉู่ฉี่และพะแนง หาสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับระหว่างวุ้นน้ำมะพร้าวปั่นกับกะทิ ซึ่งเมื่อนำไปทำอาหารแล้วไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและรสชาติของอาหาร

4. ทดสอบการแยกชั้น โดยทดลองปั่นวุ้นน้ำมะพร้าวกับน้ำเปล่า และกะทิ พบว่าการปั่นกับกะทิจะไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อนำไปแช่เยือกแข็ง (ส่วนผสมและวิธีการทำ แสดงในภาคผนวก จ)

4.2.2.2 การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของอาหารแช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งทั้ง 3 ชนิด คือ ขาหมูลดมัน ฉู่ฉี่ปลา พะแนงไก่ และข้าวต้มปลาจะได้รับการประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ชิมที่มีอายุตั้งแต่ 25-58 ปี จำนวน 35 คน ด้านความชอบรวม สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ 9-hedonic scale (9=ชอบมากที่สุด, 8=ชอบมาก, 7=ชอบปานกลาง, 6=ชอบน้อยที่สุด, 5=เฉย ๆ, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 2=ไม่ชอบมาก, 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าอาหารทั้ง 3 ชนิด ได้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง พะแนงไก่ได้คะแนนสูงสุดคือ 7.4 คะแนน โดยได้ความชอบต่อสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส มากกว่า 7 คะแนน ฉู่ฉี่ปลาเป็นอาหารที่ได้คะแนนความชอบโดยรวม 7.2 คะแนน และคะแนนความชอบต่อสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ก็มากกว่า 7 คะแนนเช่นกัน ส่วนขาหมูลดมันได้คะแนนความชอบโดยรวม 6.6 คะแนน กลิ่นได้รับคะแนนต่ำสุด

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารแช่เยือกแข็ง 3 ชนิด

ชนิดอาหารแช่เยือกแข็ง	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
ขาหมูลดมัน	6.6	7.4	6.1	6.5	7.1
ฉู่ฉี่ปลา	7.2	7.5	7.2	7.1	7.6
พะแนงไก่	7.4	7.7	7.1	7.1	7.3

4.2.2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

จากผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทั้ง 3 ชนิด แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าฉู่ฉี่ปลา และพะแนงไก่ ให้พลังงาน 98.62 และ 132.67 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้วิเคราะห์ตำรับอาหารไทยสูตรดั้งเดิม พบว่า ฉู่ฉี่ปลามีพลังงาน 176 กิโลแคลอรี/100 กรัม (เพลินใจและคณะ, 2549) และพะแนงไก่มีพลังงานเฉลี่ย 168 กิโลแคลอรี/100 กรัม (วารุณีและคณะ, 2547; Institute of Nutrition, 1999) ตามลำดับ ดังนั้น ฉู่ฉี่ปลาและพะแนงไก่จากโครงการนี้จะให้พลังงานต่ำกว่าสูตรอาหารปกติประมาณ 44 และ 21% ตามลำดับ

ส่วนผลการวิเคราะห์ไขมันจากโครงการนี้ให้พลังงาน 147.50 กิโลแคลอรี/100 กรัม เปรียบเทียบกับไขมันที่จำหน่ายในร้านอาหาร 3 แห่ง พบว่าที่ปริมาณ 100 กรัม มีโปรตีน 15.35 กรัม ไขมัน 16.56 กรัม และพลังงาน 231 กิโลแคลอรี แสดงให้เห็นว่าไขมันที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีพลังงานต่ำกว่าสูตรอาหารปกติ 37% รายละเอียดคุณค่าทางโภชนาการและฉลากโภชนาการของอาหารแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 4.4 ถึง 4.6

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบพลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม) ระหว่างผลิตภัณฑ์อาหารสูตรลดพลังงานของโครงการวิจัยกับสูตรอาหารปกติ

อาหาร	สูตรลดพลังงานจากโครงการวิจัย	สูตรปกติ	% พลังงานที่ลดลง
ฉู่ฉี่ปลา	98.62	176	44
พะแนงไก่	132.67	168	21
ชาหมู	147.50	231	37

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของผู้ฉีปลาแช่เยือกแข็ง

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (90 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	98.62	90
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	40.14	35
ไขมันทั้งหมด, กรัม	4.46	4
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	3.68	3.5
ไขมันทรานส์, กรัม	0.00	
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	16.41	15
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	6.62	6
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	8.00	7
ใยอาหาร, กรัม	1.32	1
น้ำตาล, กรัม	4.19	4
โซเดียม, มิลลิกรัม	1,051.20	950
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	0.00	(0.00)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.00	(0.00)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.01	(0.01)
วิตามินอี, มิลลิกรัม	0.31	(0.28)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	27.15	(24.43)
เหล็ก, มิลลิกรัม	0.87	(0.78)
ฟอสฟอรัส, มิลลิกรัม	65.76	(59.19)
ถั่ว, กรัม	2.50	
ความชื้น, กรัม	78.42	

ข้อมูลโภชนาการผู้ใส่ปลาแซ่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 90 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	90	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 35 กิโลแคลอรี)
			%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด	4	ก.	6 %
ไขมันอิ่มตัว	3.5	ก.	18 %
ไขมันทรานส์	0	ก.	
คอเลสเตอรอล	15	มิลลิกรัม	5 %
โปรตีน	6	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	7	ก.	2 %
ใยอาหาร	1	ก.	4 %
น้ำตาล	4	ก.	
โซเดียม	950	มิลลิกรัม	40 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 0 %
วิตามินบี 2	0	%	วิตามินอี 2 %
แคลเซียม	4	%	เหล็ก 6 %
ฟอสฟอรัส	8	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด		น้อยกว่า	65 ก.
ไขมันอิ่มตัว		น้อยกว่า	20 ก.
คอเลสเตอรอล		น้อยกว่า	300 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด			300 ก.
ใยอาหาร			25 ก.
โซเดียม		น้อยกว่า	2,400 มิลลิกรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ตารางที่ 4.5 คุณค่าทางโภชนาการของพะแนงไก่แช่เยือกแข็ง

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/ หน่วยบริโภค (90 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	132.67	120
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	50.67	45
ไขมันทั้งหมด, กรัม	5.63	5
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	4.16	3.5
ไขมันทรานส์, กรัม	0.00	
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	8.44	10
โปรตีน (แพคเตอร์ 6.25), กรัม	11.38	10
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	9.12	8
ใยอาหาร, กรัม	2.02	2
น้ำตาล, กรัม	5.68	5
โซเดียม, มิลลิกรัม	819.20	740
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	0.00	(0.00)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.00	(0.00)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.02	(0.01)
วิตามินอี, มิลลิกรัม	0.84	(0.28)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	32.61	(24.43)
เหล็ก, มิลลิกรัม	1.04	(0.78)
ฟอสฟอรัส, มิลลิกรัม	125.40	(59.19)
ถั่ว, กรัม	2.34	
ความชื้น, กรัม	71.53	

ข้อมูลโภชนาการพะแนงไก่แซ่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 90 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	120	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 45 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	5	ก.	8 %
ไขมันอิ่มตัว	3.5	ก.	18 %
ไขมันทรานส์	0	ก.	
คอเลสเตอรอล	10	มิลลิกรัม	3 %
โปรตีน	10	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	8	ก.	3 %
ใยอาหาร	2	ก.	8 %
น้ำตาล	5	ก.	
โซเดียม	740	มิลลิกรัม	31 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 0 %
วิตามินบี 2	0	%	วิตามินอี 8 %
แคลเซียม	4	%	เหล็ก 6 %
ฟอสฟอรัส	15	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มิลลิกรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ตารางที่ 4.6 คุณค่าทางโภชนาการของชาหมูลดมันแช่เยือกแข็ง

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/ หน่วยบริโภค (150 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	147.50	220
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	46.26	70
ไขมันทั้งหมด, กรัม	5.14	8
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	1.53	2.5
ไขมันทรานส์, กรัม	0.00	
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	51.77	80
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	19.66	29
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	5.65	8
ใยอาหาร, กรัม	0.00	0
น้ำตาล, กรัม	4.14	6
โซเดียม, มิลลิกรัม	843.70	1,270
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	0.00	(0.00)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.00	(0.00)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.03	(0.05)
วิตามินอี, มิลลิกรัม	0.19	(0.29)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	16.38	(24.57)
เหล็ก, มิลลิกรัม	1.41	(2.11)
ฟอสฟอรัส, มิลลิกรัม	138.60	(207.90)
ถั่ว, กรัม	1.53	
ความชื้น, กรัม	68.02	

ข้อมูลโภชนาการชาหมูลดมันแช่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 150 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	220	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 70 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	8	ก.	12 %
ไขมันอิ่มตัว	2.5	ก.	13 %
ไขมันทรานส์	0	ก.	
คอเลสเตอรอล	80	มิลลิกรัม	27 %
โปรตีน	29	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	8	ก.	3 %
ใยอาหาร	0	ก.	0 %
น้ำตาล	6	ก.	
โซเดียม	1,270	มิลลิกรัม	53 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 0 %
วิตามินบี 2	2	%	วิตามินอี 2 %
แคลเซียม	4	%	เหล็ก 15 %
ฟอสฟอรัส	25	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มิลลิกรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

4.2.2.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านสารอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิก

การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก และคุณสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ ตัวอย่างอาหารที่ทำให้แห้งแล้ว (freeze dried) นำมาเตรียมเป็นสารสกัดเพื่อการวิเคราะห์ คุณสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลิก ดังรายละเอียดการเตรียมสารสกัดตัวอย่างและการวิเคราะห์ คุณสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ ในภาคผนวก ซ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระจากผลรวมของค่า H-ORAC และ L-ORAC ในผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งทั้ง 3 ชนิดในตารางที่ 4.7 ปรากฏว่าพะแนงไก่มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ ขาหมูลดมัน และฉู่ฉี่ปลา ตามลำดับ ซึ่งแปรผันไปทางเดียวกับปริมาณสารฟีนอลิก นั่นคืออาหารที่มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าจะมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระสูงกว่าด้วย อีกทั้งยังพบว่าสารอนุมูลอิสระในอาหารทั้ง 3 ชนิดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำ โดยพบว่า 89- 98 % ของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด เกิดจากสารต้านอนุมูลอิสระชนิดที่ละลายในน้ำ

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกพบว่า พะแนงไก่มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ขาหมูลดมัน และฉู่ฉี่ปลา จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เครื่องเทศสมุนไพรที่เป็นส่วนผสมของเครื่องแกงในพะแนง ได้แก่ ตะไคร้ ใบมะกรูด ผิวมะกรูด ยี่ห่วย และลูกผักชี มีปริมาณสารฟีนอลิกค่อนข้างสูง และมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ (วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH scavenging radical) โดยเฉพาะยี่ห่วยมีสารฟีนอลิกสูง คือ 526.74 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/100 กรัมอาหาร และฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ 302.26 มิลลิกรัม สมมูลของวิตามินซี/ตัวอย่าง 100 กรัม (วารุณี และคณะ, 2547) สำหรับฉู่ฉี่ปลามีส่วนผสมประกอบด้วยสมุนไพรชนิดเดียวกับพะแนงไก่ เพียงแต่ไม่ได้ใส่ยี่ห่วยและลูกผักชีในส่วนผสมเครื่องแกงฉู่ฉี่ จึงมีสารฟีนอลิกต่ำกว่า ส่วนในขาหมูมีสารฟีนอลิก น่าจะมาจากเครื่องเทศที่ใช้ทำพะโล้ ได้แก่ โป๊ยกั๊ก และอบเชย จากรายงานวิจัยพบว่า อบเชยมีสารฟีนอลิกสูงมาก 12,226.09 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/100 กรัม และฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระเท่ากับ 15,267.67 มิลลิกรัมสมมูลของวิตามินซี/ตัวอย่าง 100 กรัม (วารุณี และคณะ, 2547)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารฟีนอลิกและคุณสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ

ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง	ปริมาณสารฟีนอลิก (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมอาหาร)	สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำ (H-ORAC)(ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม)	สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในไขมัน (L-ORAC)(ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม)	สารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม)
พะแนงไก่	43.1	1,107.7	49.5	1,157.2
ฉู่ฉี่ปลา	27.2	673.6	19.7	693.3
ขาหมูลดมัน	36.7	736.4	12.1	748.5

4.2.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา

เริ่มด้วยการเตรียมอาหารแช่เยือกแข็งเพื่อทดสอบด้านจุลชีววิทยา โดยนำอาหารแช่เยือกแข็งมาละลายให้สมบูรณ์ แล้วเก็บในตู้เย็น 12 ชั่วโมง (เป็นการละลายรอบที่ 1) หลังจากนั้นนำกลับไปแช่เยือกแข็งอีก เรียกว่าการทำ Freeze Thaw stability โดยทำแบบนี้จำนวน 3 รอบ จากผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง 3 ชนิด (ตารางที่ 4.8) ปรากฏว่าอาหารทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พ.ศ. 2553 (ภาคผนวก ฉ) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิต ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่พบเชื้อจุลินทรีย์หรือพบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง 3 ชนิด ที่ดำเนินการ Freeze Thaw 3 รอบ

	รายการทดสอบ								
	Aerobic Plate Count 35 - 37 C	<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>
หน่วย	cfu/g	MPN/g	cfu/g	/25g	cfu/g	cfu/g	/25g	/25g	/25g
เกณฑ์มาตรฐาน	น้อยกว่า 1×10^6	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
พะแนงไก่ freeze thaw 1 รอบ	90	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	-
พะแนงไก่ freeze thaw 2 รอบ	1.4×10^2	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	-
พะแนงไก่ freeze thaw 3 รอบ	35	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	-
ขาหมู freeze thaw 1 รอบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	-
ขาหมู freeze thaw 2 รอบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	-
ขาหมู freeze thaw 3 รอบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	-

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง 3 ชนิด ที่ดำเนินการ Freeze Thaw 3 รอบ (ต่อ)

	รายการทดสอบ								
	Aerobic Plate Count 35 - 37 C	<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>
หน่วย	cfu/g	MPN/g	cfu/g	/25g	cfu/g	cfu/g	/25g	/25g	/25g
เกณฑ์มาตรฐาน	น้อยกว่า 1×10^6	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100	น้อยกว่า 100	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
คู่มือปลา freeze thaw 1 รอบ	2.2×10^3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
คู่มือปลา freeze thaw 2 รอบ	1.5×10^4	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
คู่มือปลา freeze thaw 3 รอบ	1.1×10^2	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : อ้างอิงเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ข้อ 2.2.4 อาหารปรุงสุกทั่วไป เช่น อาหารสำเร็จรูป (ประเภทข้าวแกง ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน) ยำไส้กรอก หมูยอ ปูอัด ปลาหมึกปรุงรส ซูชิ

4.2.2.6 การทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค

ผลการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง 2 ชนิด ได้แก่ ขาหมูลดมัน (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ) และฉูฉีปลา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขาหมูลดมัน

จากการสอบถามกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ขาหมูลดมันได้คะแนนความชอบรวม ต่อทุกหัวข้อมากกว่า 90% ผู้ชิมจะชอบเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 99% รองลงมาคือรสชาติ สี และกลิ่นตามลำดับ โดยได้รับการยอมรับมากถึง 95% (ตารางที่ 4.9) และเมื่อถามถึงการตัดสินใจในการซื้อข้าวขาหมู (290 กรัม) หากมีการจำหน่ายราคากล่องละ 50 บาท ปรากฏว่ามีผู้คิดว่าจะซื้อ 69% เนื่องจากราคาเหมาะสมกับคุณภาพ เป็นอาหารแปลกใหม่ น่าลอง สะดวกและสามารถเก็บไว้ได้นาน

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์อาหาร	สี/ความน่ารับประทาน	กลิ่นหอมโดยรวม	รสชาติโดยรวม	เนื้อสัมผัสโดยรวม	ความชอบรวม
ขาหมูลดมัน	93	92	98	99	95
ข้าวฉูฉีปลา	85.00	90.31	88.44	87.81	88.44

หมายเหตุ ความชอบโดยรวมวัดจากระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

ผลิตภัณฑ์ข้าวฉูฉีปลาผู้บริโภคมีความชอบในทุกด้าน ทั้งความน่ารับประทาน กลิ่นหอมโดยรวม รสชาติโดยรวม เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบรวม ตั้งแต่ 85 % ขึ้นไป

4.2.2.7 ถ่ายทอดวิธีการทำอาหารชนิดลดพลังงานแก่ผู้ประกอบการ

ดำเนินการสาธิตการทำฉูฉีปลาชนิดลดพลังงาน ให้แก่เจ้าหน้าที่จากบริษัทซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน) จำนวน 12 คน ซึ่งได้รับความสนใจมาก และบริษัทมีแผนดำเนินการผลิตเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป ทั้งนี้ได้มีการคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบของอาหารทั้ง 3 ชนิด เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจลงทุนในเชิงพาณิชย์ของผู้ประกอบการ

ต้นทุนวัตถุดิบ/กิโกรัม

ผลิตภัณฑ์	ราคาต้นทุน (บาท/กก)
ขาหมูลดมัน (ขาหมู 64% และน้ำพะโล้ 36%)	90.50
ฉูฉีปลา	108.53
พะแนงไก่	100

ต้นทุนวัตถุดิบ/หน่วยบริโภค

ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง บรรจุกล่อง	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (กรัม)	ราคาต้นทุน/ กล่อง
ข้าวขาหมูลดมัน (290 กรัม)	ขาหมูและน้ำพะโล้ 110 กรัม ข้าวสุก 180 กรัม	13.20
ข้าวฉู่ฉีปลา (270 กรัม)	ฉู่ฉีปลา 90 กรัม ข้าวสุก 180 กรัม	13.05
ข้าวพะเนางไก่ 270 กรัม)	พะเนางไก่ 90 กรัม ข้าวสุก 180 กรัม	12.25

4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอาหารไทย : 5 เมนูอาหารควบคุมน้ำหนักที่มีไข่ไก่เป็นส่วนผสม

4.3.1 แนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไทยที่มีพลังงานต่ำ (low-energy foods) โดยการเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง (freezing method) อาศัยหลักการด้านอาหารเพื่อสุขภาพที่เน้นเอกลักษณ์ความเป็นไทย มีคุณค่าทางโภชนาการสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย และสะดวกต่อการรับประทาน มีขั้นตอนการเตรียมไม่ยุ่งยากเหมาะสม สำหรับผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพและไม่มีเวลาเตรียมอาหารเอง สูตรอาหารที่พัฒนาเน้นใช้ส่วนผสมที่ให้สารอาหารโปรตีน เช่น ไข่ไก่ เนื้อไก่ รวมทั้ง พืชผักและสมุนไพรที่เป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระ ที่สำคัญคือการออกแบบตัวอาหารให้มีรูปลักษณะใหม่ที่เป็นนวัตกรรม ทั้งสูตรในการเตรียมที่ใช้ส่วนผสมสารให้ความคงตัว (stabilizers) เพื่อให้เนื้อสัมผัสเป็นเจลที่คงตัวและการนำมาห่อด้วยแผ่นแป้งที่มีส่วนผสมไข่ไก่ ขึ้นรูปได้ขนาดขึ้นพอดีคำ ทำให้อาหารไทยประเภทแกง หรือต้ม สามารถรับประทานได้สะดวกขึ้น รวมทั้งการพัฒนาสูตรให้มีพลังงานต่ำกว่าสูตรอาหารสูตรปกติชนิดเดียวกันโดยลดการใช้ส่วนผสมที่เป็นแหล่งไขมัน เช่น กะทิ และน้ำมันพืช เป็นต้น

4.3.2 วิธีดำเนินงาน

4.3.2.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ 5 เมนูอาหารควบคุมน้ำหนักที่มีไข่ไก่เป็นส่วนผสม

- **การคัดเลือก** ชนิดอาหารที่คนไทยนิยมบริโภค จำนวน 5 ชนิด ที่มีเอกลักษณ์ความเป็นไทย มีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะสารอาหารโปรตีน รวมทั้งมีส่วนผสมของพืชผัก เครื่องเทศและสมุนไพรที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ ผักไทย แกงเขียวหวาน มัสมั่น ต้มยำ และ ผัดเปรี้ยวหวาน โดยพัฒนาให้มีพลังงานอาหารต่ำเหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก

- **อาหารไทยที่พัฒนา** 5 ชนิด ได้แก่ ผัดไทยเส้นไข่ แกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ ต้มยำไก่ห่อไข่ และ ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่

- **รูปแบบอาหาร:** ออกแบบตัวอาหารให้มีรูปลักษณะใหม่ที่เป็นนวัตกรรม และเป็นอาหารไทยที่มีพลังงานต่ำ

การพัฒนาผัดไทยเส้นไข่: เนื่องจากปัญหาเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจะมีเนื้อสัมผัสแข็งและแตกหักได้ง่ายหลังจากการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง จึงเป็นไปได้ยากที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยด้วยการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง จึงได้พัฒนาเส้นที่ทำจากไข่ไก่สำหรับนำมาทำผัดไทย โดยเส้นที่ทำจากส่วนผสมไข่ไก่เป็นหลักจะให้คุณค่าสารอาหารโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น มีขั้นตอนการเตรียมไม่ยุ่งยาก และใช้น้ำมันพืชเพียงเล็กน้อยในขั้นตอนการผัดเมื่อเทียบกับผัดไทยที่ใช้เส้นก๋วยเตี๋ยว ที่สำคัญเส้นที่เตรียมจากไข่ไก่จะให้รสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี มีความเหนียวนุ่มและกลิ่นหอมน่ารับประทานคงเดิมหลังจากการแช่เยือกแข็งและอุ่นด้วยไมโครเวฟ

การพัฒนาแกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ ต้มข่าไก่ห่อไข่: อาหารไทยที่มีกะทิเป็นส่วนผสมนั้นให้ออกลักษณะความเป็นไทยแต่กะทิเป็นส่วนผสมที่เป็นแหล่งไขมันและให้พลังงานสูง การควบคุมปริมาณกะทิจึงเป็นแนวทางที่จะพัฒนาให้อาหารมีพลังงานต่ำลง รวมทั้งส่วนผสมของเหลวในอาหารประเภทแกงต่าง ๆ นั้น หากจำกัดปริมาณการบริโภคได้จะทำให้ลดพลังงานจากอาหารที่จะรับประทานลงได้ จึงเป็นที่มาของการออกรูปแบบอาหารประเภทแกง 3 ชนิด โดยจำกัดส่วนผสมกะทิให้มีปริมาณน้อยที่สุด แต่คงส่วนผสมอื่นๆและ กลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ของแกงชนิดนั้น ๆ และได้ทำการทดลองการใช้สารให้ความคงตัว (stabilizers) ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ gelatin, guar gum, xanthan gum, locust bean gum และ agar ปริมาณ 0.5-1% ของน้ำหนักอาหาร เพื่อปรับเนื้อสัมผัสให้เป็นเจลที่มีลักษณะคงตัวและปรับลดปริมาณส่วนผสมน้ำกะทิให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด

ในขั้นตอนการเตรียมแกงแต่ละชนิด: เตรียมส่วนผสมเครื่องแกงน้ำพริก ผัดกับเนื้อไก่ พืชผักเครื่องเทศและสมุนไพรต่างๆ แยกกันกับส่วนผสมเจล เมื่อผสมรวมกันแล้วเทใส่พิมพ์ขึ้นรูปทรงกระบอก แช่เย็นให้เซตตัว นาน 2 ชั่วโมง นำมาห่อแผ่นไข่ที่เตรียมไว้ หั่นเป็นแว่นหรือชิ้นตามขวางขนาดชิ้นละ 24 กรัมโดยประมาณ บรรจุในกล่อง ๆ ละ 4 ชิ้น พร้อมข้าว 90 กรัม หรือ 1 ½ ทัพพี เพียงพอสำหรับรับประทาน 1 มื้อ เก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง

การพัฒนาไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่: ผัดเปรี้ยวหวานเป็นอาหารที่รับประทานได้ทุกเพศทุกวัย มีผักเป็นส่วนผสมหลัก ได้แก่ พริกหวาน 3 สี มะเขือเทศ สับปะรด และหอมใหญ่ ผสมกับน้ำซอส 3 รสที่ทำให้ขึ้นเป็นเจลให้ความคงตัว และเนื้อไก่ เมื่อผสมรวมกันแล้วเทใส่พิมพ์ขึ้นรูปทรงกระบอก แช่เย็นให้เซตตัว นาน 2 ชั่วโมง นำมาห่อแผ่นไข่ที่เตรียมไว้ หั่นเป็นแว่นหรือชิ้นตามขวางขนาดชิ้นละ 22 กรัมโดยประมาณ บรรจุในกล่อง ๆ ละ 4 ชิ้น พร้อมข้าว 90 กรัม หรือ 1 ½ ทัพพี เพียงพอสำหรับรับประทาน 1 มื้อ เก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง เช่นเดียวกับวิธีการเตรียมแกงทั้ง 3 ชนิด

4.3.2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไทยนวัตกรรมให้เป็นไปตามเกณฑ์พลังงานจากอาหารเพื่อควบคุมน้ำหนัก

สำหรับคนทั่วไปที่บริโภคอาหารวันละ 2,000 กิโลแคลอรี และต้องการควบคุมน้ำหนักตามหลักการทางโภชนาการเพื่อสุขภาพที่ดีโดยรวม ควรลดพลังงานวันละ 500 กิโลแคลอรี จึงควรควบคุมอาหารให้ได้พลังงานวันละ 1,500 กิโลแคลอรี แบ่งเป็น 2 กลุ่มอาหาร ดังแสดงในตาราง

1. อาหารที่ควรบริโภคเป็นประจำเพื่อสุขภาพ ได้แก่ นมสดพร่องมันเนยหรือนมสดปราศจากไขมัน และ ผลไม้
2. อาหารมื้อหลัก 3 มื้อ ซึ่งควรรับประทานให้ครบทั้ง 3 มื้อ และควรแบ่งพลังงานให้เหมาะสม
3. อาหารว่าง : อาหารแทนด้วยผลไม้ หรือเลือกอาหารว่างที่ให้พลังงานต่ำ ใยอาหารสูงจากธัญพืชต่าง ๆ

ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารที่พัฒนาจะควบคุมพลังงานอยู่ในเกณฑ์ 200 - 400 กิโลแคลอรีต่อมื้อ เกณฑ์พลังงาน 1,500 กิโลแคลอรี สำหรับการควบคุมน้ำหนัก

มื้ออาหาร	พลังงาน	
	%	กิโลแคลอรี
อาหารว่าง ≤ 2 ครั้ง/วัน	13	200
นมไขมันต่ำ 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร)	7	100
ผลไม้ 3-4 ส่วน (50-70 กิโลแคลอรี/ส่วน)	13	200
อาหารเช้า	27	400
อาหารกลางวัน	27	400
อาหารเย็น	13	200

การแช่เยือกแข็งแบบ quick cryogenic freezing และการเก็บรักษา

บรรจุอาหารในกล่องพลาสติกทนร้อน ตามน้ำหนักบริโภคที่กำหนด

1. ผัดไทยเส้นไข่ 200 กรัม
2. แกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ 95 กรัม หรือ 4 ชิ้น บรรจุพร้อมข้าวสวย 90 กรัม หรือ 1 ½ ทัพพี
3. ต้มข้าวไก่ห่อไข่ และ ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ 90 กรัม หรือ 4 ชิ้น บรรจุพร้อมข้าวสวย 90 กรัม หรือ 1 ½ ทัพพี

ทำการแช่เยือกแข็งตัวอย่างอาหารทั้งหมดด้วยเครื่องแช่แข็งแบบไนโตรเจนเหลว โดยตั้งอุณหภูมิเครื่องที่ -80 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างอาหารที่บรรจุกล่องปิดฝาเรียบร้อยแล้วใส่ในเครื่องแช่เยือกแข็ง และเสียบเข็มวัดอุณหภูมิ (probe) วัดอุณหภูมิไว้ในอาหาร 1 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ โดยควบคุมอุณหภูมิให้ลดลงที่ - 25 องศาเซลเซียส จึงนำตัวอย่างไปเก็บรักษาที่เครื่องแช่เยือกแข็งแบบตั้งเดิมอุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ได้ทำการละลายตัวอย่างและอุ่นให้ร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ กำลัง 800 วัตต์ นาน 3 นาที ต่อ 2 กล่อง เสิร์ฟพร้อมข้าวสวย ทดสอบความชอบและการยอมรับต่ออาหารที่พัฒนา ทั้ง 5 สูตร ด้วยวิธีการประเมินความชอบ (preference) ต่อลักษณะต่าง ๆ เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมทั้ง ความชอบและการยอมรับโดยรวม (overall preference and acceptance) ด้วยการชิมโดยผู้ชิม 30 คน ให้คะแนนแบบ 1-9 hedonic scale เป็นระดับขั้น คือ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง คะแนน 6 หมายถึง ชอบน้อย และ คะแนน 5 หมายถึง เฉย ๆ 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

4.3.2.3 การตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการเพื่อการแสดงฉลากผลิตภัณฑ์

ตรวจวิเคราะห์สารอาหารที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารทั้ง 5 ชนิดที่พัฒนา ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน น้ำตาลโซเดียม รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ และคำนวณพลังงานและสารอาหารต่อหนึ่งหน่วยบริโภคที่เหมาะสมสำหรับรับประทาน 1 มื้อ และ % ของปริมาณที่ต้องการต่อวัน เพื่อการแสดงข้อมูลโภชนาการแบบเต็มบนฉลากอาหาร ต่อ 100 กรัม และหนึ่งหน่วยบริโภคโดยการวิเคราะห์ทางเคมี ณ ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้วิธีทดสอบ Thai Compendium of methods for food analysis, 1st ed. 2003

4.3.2.4 การตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระ หรือ Antioxidant properties

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก (total phenolic content) และ คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิเคราะห์ H-ORAC, L-ORAC และ total ORAC

4.3.2.5 การตรวจสอบด้านความปลอดภัยอาหาร

เพื่อความปลอดภัยต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งพร้อมบริโภค ที่เตรียมโดยกระบวนการให้ความร้อนและเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็ง และอุ่นรับประทานด้วยเตาไมโครเวฟ ได้ทำการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหาร ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ Aerobic Plate Count 35 - 37 C, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. , *Vibrio cholera*, *Listeria monocytogenes*

4.3.3 ผลการดำเนินงาน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอาหารไทย: 5 เมนูอาหารควบคุมน้ำหนัก

สูตรอาหารทั้ง 5 ชนิด และขั้นตอนการเตรียมอาหารแต่ละชนิด มีดังนี้

1. **ผัดไทยเส้นไข่** : เตรียมเส้นไข่ โดยนำ ไข่ขาวแป้งสาลี แป้งมัน ให้เข้ากัน แล้วกรองด้วยกระชอนละเอียด เทส่วนผสมลงบนกระทะเป็นแผ่นบาง ๆ พลิกกลับด้านให้สุกทั้ง 2 ด้าน นำน้ำปรุงรสผัดไทยใส่กระทะ พอเดือดใส่เส้นไข่ลงผัดให้ทั่ว ใส่เต้าหู้ หัวไชโป้ว และกุ้งแห้ง ผัดให้เข้ากันแล้วใส่ไข่พักไว้พอไข่สุกใส่ถั่วงอก และกุยช่ายผัดให้เข้ากันดี จัดใส่จาน
2. **แกงเขียวหวานห่อไข่** : เตรียมโดยผัดน้ำพริกแกงกับกะทิให้มีกลิ่นหอม ใส่ไก่ลงผัดให้ทั่ว ใส่มะเขือเปราะ แล้วปรุงรส ใส่ใบโหระพาและพริกชี้ฟ้าแดง ผัดให้เข้ากัน ผสมกับส่วนผสมสารให้ความคงตัวที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ตั้งไฟให้เดือด พอขึ้นตักใส่พิมพ์ทรงกระบอกเพื่อขึ้นรูป พักไว้ให้เย็น แล้วห่อด้วยไข่หั่นเป็นชิ้น เสิร์ฟพร้อมข้าวสวย
3. **แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่**: เตรียมโดยผัดน้ำพริกแกงกับกะทิให้มีกลิ่นหอม ใส่ไก่ลงผัดให้ทั่ว ใส่มันฝรั่งและหอมใหญ่ และถั่วลิสง พอสุกปรุงรส ผสมกับส่วนผสมสารให้ความคงตัวที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ตั้งไฟให้เดือด พอขึ้นตักใส่พิมพ์ทรงกระบอกเพื่อขึ้นรูป พักไว้ให้เย็น แล้วห่อด้วยไข่ หั่นเป็นชิ้น เสิร์ฟพร้อมข้าวสวย
4. **ต้มข่าไก่ห่อไข่** : ต้มกะทิ ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดให้เดือด นาน 5 นาที แล้วกรองเอาเฉพาะกะทิใส่หอมแดง ไก่ และเห็ดนางฟ้า คนให้ทั่ว พอสุกปรุงรส ใส่พริกชี้หนูและผักชี ผสมกับส่วนผสมสารให้ความคงตัวที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ตั้งไฟให้เดือด พอขึ้นตักใส่พิมพ์ทรงกระบอกเพื่อขึ้นรูป พักไว้ให้เย็น แล้วห่อด้วยไข่ หั่นเป็นชิ้น เสิร์ฟพร้อมข้าวสวย
5. **ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่** : คลุกไก่กับแป้งชุบทอดให้ทั่ว แล้วทอดในน้ำมันเดือดพอสุก พักไว้เจียวกระเทียมกับน้ำมันพอหอม ใส่ไก่ลงผัดให้ทั่ว ใส่ผักต่าง ๆ และปรุงรส ผสมกับส่วนผสมสารให้ความคงตัวที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ตั้งไฟให้เดือด พอขึ้นตักใส่พิมพ์ทรงกระบอกเพื่อขึ้นรูป พักไว้ให้เย็น แล้วห่อด้วยไข่ หั่นเป็นชิ้น เสิร์ฟพร้อมข้าวสวย

4.3.4 การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

4.3.4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสอาหารไทยแช่เยือกแข็งและละลาย 1 รอบ (Freeze-thaw stability)

การประเมินผลิตภัณฑ์อาหารไทยพลังงานต่ำทั้ง 5 เมนู ได้แก่ ผัดไทยเส้นไข่ แกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ ต้มข่าไก่ห่อไข่ และ ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส รวมทั้งความชอบและการยอมรับโดยรวม (overall preference and acceptance) ด้วยการชิมโดยผู้ชิม 30 คน โดยให้คะแนนแบบ 1-9 hedonic scale พบว่า ผัดไทยเส้นไข่ ได้รับ

คะแนนความชอบและการยอมรับสูงสุด 6.88 เนื่องจากผู้ชิมมีความชอบต่อ กลิ่น รสชาติ และ เนื้อสัมผัส มากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ แกรมมันไก่ห่อไข่ (6.80) แกรมเขียวหวานห่อไข่ (6.63) ต้มข้าไก่ห่อไข่ (5.20) และ ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ (5.12) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) จะเห็นว่าผู้ชิมให้คะแนนความชอบและการยอมรับแกรมเขียวหวานห่อไข่ และแกรมมันไก่ห่อไข่ สูงกว่าต้มข้าไก่ห่อไข่ และไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ เนื่องจากผู้ชิมค่อนข้างไม่ชอบเนื้อสัมผัสของต้มข้าไก่ห่อไข่ และไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ ถึงแม้ว่าอาหารทั้ง 4 ชนิดจะใช้ส่วนผสมสารให้ความคงตัวหรือสารที่ทำให้เกิดเจลเหมือนกัน แสดงให้เห็นว่าแกรมเขียวหวานห่อไข่ และแกรมมันไก่ห่อไข่ ที่พัฒนาให้มีลักษณะเป็นเจลชั้นนั้นเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าผู้บริโภคคุ้นชินกับเนื้อสัมผัสที่ข้นของแกรมทั้งชนิดนี้ที่ใช้ส่วนผสมจากกะทิ ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนักกับความข้นของเจลที่เตรียมจากสารให้ความคงตัว

4.3.4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสอาหารไทยแช่เยือกแข็งและละลาย (Freeze-thaw stability) จำนวน 2 รอบ

เมื่อผลิตผลิตภัณฑ์อาหารไทยแช่เยือกแข็ง 5 เมนู ได้ทดสอบการแช่เยือกแข็งและละลาย 2 รอบ และนำมาประเมินโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผัดไทยเส้นไข่ ยังคงได้รับคะแนนความชอบและการยอมรับสูงสุด 6.83 ไม่แตกต่างจากผัดไทยเส้นไข่ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและละลาย 1 รอบที่ได้รับคะแนน 6.88 แสดงว่าการแช่เยือกแข็งและละลายไม่มีผลต่อลักษณะ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส จึงทำให้คะแนนที่ได้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับจากผู้บริโภค ขณะที่คะแนนความชอบและการยอมรับอาหารอื่น ๆ ได้คะแนนในระดับต่ำกว่า 6 หรือไม่ยอมรับ ได้แก่ แกรมมันไก่ห่อไข่ (5.31) แกรมเขียวหวานห่อไข่ (5.28) ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ (5.21) และ ต้มข้าไก่ห่อไข่ (4.93) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินความชอบและการยอมรับด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์	ความชอบและการยอมรับโดยรวม				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	รวม
ผัดไทยเส้นไข่	6.10 ± 1.21	6.97 ± 1.16	6.93 ± 1.48	6.80 ± 1.30	6.88 ± 1.17
แกรมเขียวหวานไก่ห่อไข่	6.10 ± 1.12	6.83 ± 0.95	6.83 ± 1.12	6.53 ± 1.17	6.63 ± 1.16
แกรมมันไก่ห่อไข่	6.87 ± 0.97	6.60 ± 0.86	6.83 ± 0.99	6.47 ± 1.04	6.80 ± 0.92
ต้มข้าไก่ห่อไข่	5.67 ± 1.40	6.93 ± 0.94	5.93 ± 1.36	4.80 ± 1.81	5.20 ± 1.56
ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่	6.60 ± 1.00	6.40 ± 1.19	5.30 ± 1.47	4.80 ± 1.75	5.12 ± 1.45

* 1-9 hedonic scale : คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง คะแนน 6 หมายถึง ชอบน้อย และ คะแนน 5 หมายถึง เฉย ๆ 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินความชอบและการยอมรับด้านประสาทสัมผัส: ผลลัพธ์อาหารแช่เยือกแข็งและละลาย จำนวน 2 รอบ

ผลิตภัณฑ์	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบและการยอมรับโดยรวม
ผัดไทยเส้นไข่	5.97 ± 1.45	6.40 ± 1.52	6.87 ± 0.94	6.73 ± 1.08	6.83 ± 1.09
แกงเขียวหวานไก่ห่อไข่	5.45 ± 1.66	6.17 ± 1.31	5.79 ± 1.54	5.00 ± 1.75	5.28 ± 1.53
แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่	5.97 ± 1.38	5.41 ± 1.48	5.41 ± 1.43	5.03 ± 1.84	5.31 ± 1.56
ต้มยำไก่ห่อไข่	5.28 ± 1.44	5.86 ± 1.46	5.17 ± 1.49	4.62 ± 1.68	4.93 ± 1.53
ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่	6.31 ± 1.61	6.21 ± 1.59	5.45 ± 1.45	4.86 ± 1.81	5.21 ± 1.59

4.3.5 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของ 5 เมนูอาหารควบคุมน้ำหนักที่มีไข่ไก่เป็นส่วนผสม

เมื่อตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอาหารไทย 5 เมนูอาหารควบคุมน้ำหนัก ได้แก่ ผัดไทยเส้นไข่ แกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ ต้มยำไก่ห่อไข่ และ ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ ตารางที่ 4.12 แสดงผลเปรียบเทียบพลังงานของอาหารทั้ง 5 ชนิด ต่อ 100 กรัม และหนึ่งหน่วยบริโภค รวมทั้งพลังงานที่ได้รับ หากคิดรวมอาหารที่พัฒนากับข้าวสวยเพื่อรับประทานในแต่ละมื้อ โดยสรุป พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารไทยที่พัฒนาทั้ง 5 เมนู ให้พลังงานเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ควรได้รับต่อมื้อ 200-400 กิโลแคลอรี ตารางที่ 4.13 แสดงผลการเปรียบเทียบพลังงานจากอาหารที่พัฒนา 5 เมนู กับพลังงานจากอาหารสุตรปกติที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่า ผัดไทยเส้นไข่มีพลังงาน 430 กิโลแคลอรีต่อหน่วยบริโภค ต่ำกว่าก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่จำหน่ายในท้องตลาดซึ่งมีพลังงานเฉลี่ย 600 กิโลแคลอรีต่อจาน (น้ำหนัก 200 กรัมโดยประมาณ) โดยพลังงานลดลงคิดเป็น 28% สำหรับแกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ มีพลังงานลดลงคิดเป็น 13% เท่ากัน และไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ มีพลังงานลดลงได้ 34% ขณะที่ต้มยำไก่ห่อไข่ มีพลังงานไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นอาหารที่มีพลังงานต่ำอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามเมนูอาหารทั้ง 4 ชนิด ที่ออกแบบให้เนื้อสัมผัสชั้นเป็นเจลที่คงตัวและห่อด้วยแผ่นไข่ จะอุดมด้วยสารอาหาร เช่น โปรตีน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ รวมทั้งใยอาหาร มีปริมาณมากกว่าอาหารชนิดเดียวกันจากสูตรทั่วไป เนื่องจากสูตรทั่วไปมีปริมาณของเหลวเป็นส่วนผสมในอาหารแต่ละชนิดมากกว่า จึงเป็นผลให้สารอาหารต่าง ๆ เจือจางลง

ตารางที่ 4.12 พลังงาน (กิโลแคลอรี) ของผลิตภัณฑ์อาหารไทยควบคุมน้ำหนัก 5 เมนู

ชนิดอาหาร	100 กรัม (กิโลแคลอรี)	หนึ่งหน่วยบริโภค (กรัม)	อาหาร (กิโลแคลอรี)	อาหารและข้าว (กิโลแคลอรี)
ผัดไทยเส้นไข่	215	200	430	-
แกงเขียวหวานไก่ห่อไข่	112	95 (4 ชิ้น)	110	230
แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่	157	95 (4 ชิ้น)	150	270
ต้มข่าไก่ห่อไข่	111	90 (4 ชิ้น)	110	230
ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่	104	90 (4 ชิ้น)	90	210

**ข้าวสวย 1 ½ ทัพพี (90 กรัม) ให้พลังงาน 120 กิโลแคลอรี

ตารางที่ 4.13 พลังงานจากอาหารที่พัฒนา 5 เมนู เทียบกับพลังงานจากอาหารสุตรปกติที่กำหนดในท้องตลาด

ชนิดอาหาร	หนึ่งหน่วย บริโภค (กรัม)	พลังงานจาก อาหารที่พัฒนา (กิโลแคลอรี)	พลังงาน จากอาหารสุตรปกติ (กิโลแคลอรี)	% ของ พลังงานที่ ลดลง
ผัดไทยเส้นไข่	200	430	600	28
แกงเขียวหวานไก่ห่อไข่	95	110	126	13
แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่	95	150	172	13
ต้มข่าไก่ห่อไข่	90	110	110	-
ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่	90	90	137	34

เมื่อพิจารณาสารอาหารหลัก ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน น้ำตาล และโซเดียม ที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร 5 ชนิดที่พัฒนานั้น ผลที่แสดงในตารางที่ 4.14 ชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิดมีปริมาณโปรตีนมากกว่า 10% ของปริมาณที่ร่างกายควรได้รับต่อวัน จึงถือได้ว่าอาหารเหล่านี้เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี โดยเฉพาะ ผัดไทยเส้นไข่ มีโปรตีนสูงสุด 21 กรัมต่อหน่วยบริโภค รองลงมาได้แก่ แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ (11 กรัม) แกงเขียวหวานห่อไข่ (9 กรัม) ต้มข่าไก่ห่อไข่ (10 กรัม) และไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ (5 กรัม) ตามลำดับ

หากพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานพลังงานและสารอาหารอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีสำหรับคนทั่วไปที่ต้องการพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรีต่อวัน ซึ่งกำหนดให้ปริมาณไขมันทั้งหมดต่อมื้อไม่ควรเกิน 15 กรัม ไขมันอิ่มตัวไม่เกิน 5 กรัม และคอเลสเตอรอลไม่เกิน 80 กรัม และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอลของอาหารทั้ง 5 ชนิดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ พบว่า ผัดไทยเส้นไข่มีไขมัน 17 กรัมสูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย แต่ไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอล มีปริมาณไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

และสำหรับอาหารอื่น ๆ ทั้ง 4 ชนิดนั้น พบว่ามีปริมาณไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอล ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ยังพบว่า ผัดไทยเส้นไข่ มีปริมาณน้ำตาล 20 กรัม และโซเดียม 1,530 มิลลิกรัม ต่อหน่วยบริโภค สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2 กรัมและ 600 มิลลิกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การควบคุมปริมาณไขมันและพลังงานของผัดไทยเส้นไข่ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ให้พลังงานโดยประมาณ 400 กิโลแคลอรี นั้นมีความเป็นไปได้ แต่อาจหลีกเลี่ยงปัญหาในเรื่องปริมาณน้ำตาลและโซเดียมได้ยาก เนื่องจากเป็นลักษณะเฉพาะของผัดไทยที่มีรสชาติเปรี้ยวหวานและเค็ม 3 รส ร่วมกัน จึงต้องใช้เครื่องปรุงรสปริมาณมาก ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลและโซเดียมจากผัดไทยเส้นไข่สูงกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ หากควบคุมปริมาณหน่วยบริโภคให้น้อยลงเหลือ 150 กรัม จะสามารถช่วยลดปริมาณน้ำตาลและโซเดียมลงได้ระดับหนึ่ง และพบว่าอาหารทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณน้ำตาลใกล้เคียงเกณฑ์ 2 กรัม และปริมาณโซเดียม อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อหน่วยบริโภค

เมื่อพิจารณาในเรื่องวิตามินและแร่ธาตุ พบว่า ผัดไทยเส้นไข่ มีปริมาณวิตามินเอ (35.69 ไมโครกรัม อาร์อี) บี 1 (0.18 มิลลิกรัม) บี 2 (0.40 มิลลิกรัม) แคลเซียม (147 มิลลิกรัม) และเหล็ก (4 มิลลิกรัม) ในเกณฑ์สูงกว่าอาหารชนิดอื่น โดยอาหารทั้ง 4 ชนิดที่เหลือ ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญต่อสุขภาพร่างกายเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.14 คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์อาหาร 5 เมนู ต่อหน่วยบริโภค

สารอาหาร	ผัดไทยเส้นไข่ (200 กรัม)	แกงเขียวหวานไก่ห่อไข่ (95 กรัม หรือ 4 ชิ้น)	แกงมัสมั่นไก่ห่อไข่ (95 กรัม หรือ 4 ชิ้น)	ต้มข่าไก่ห่อไข่ (90 กรัม หรือ 4 ชิ้น)	ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ (90 กรัม หรือ 4 ชิ้น)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	430	110	150	110	90
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	160	40	70	35	35
ไขมันทั้งหมด, กรัม	17	4	8	4	4
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	3	2.5	4	2.5	1
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	40	35	20	20	40
โปรตีน (แพคเตอร์ 6.25), กรัม	21	9	11	10	5
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	50	8	9	8	9
ใยอาหาร, กรัม					
น้ำตาล, กรัม	20	2	4	2	4
โซเดียม, มิลลิกรัม	1,530	440	500	430	340
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	35.69	5.22	11.01	3.03	8.10
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.18	0.09	0.06	0.07	0.05
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.40	0.07	0.04	0.05	0.04
แคลเซียม, มิลลิกรัม	146.90	38.30	21.31	21.19	15.95
เหล็ก, มิลลิกรัม	3.62	0.84	0.88	0.88	0.59

4.3.6 ผลการตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระ หรือ Antioxidant properties

ตารางที่ 4.15 ปริมาณสารฟีนอลิกและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณสารฟีนอลิก (มิลลิกรัมสมมูลของ กรดแกลลิก ต่อ 100 กรัม อาหาร)	สารต้านอนุมูล อิสระชนิด ละลายในน้ำ (H-ORAC)(ไม โครโมล สมมูล ของโทรลอกซ์ ต่อ 100 กรัม)	สารต้านอนุมูล อิสระชนิด ละลายในไขมัน (L-ORAC)(ไม โครโมล สมมูล ของโทรลอกซ์ ต่อ 100 กรัม)	สารต้านอนุมูล อิสระทั้งหมด (ไมโครโมลสม มูลของโทร ลอกซ์ ต่อ 100 กรัม)	% ความชื้น
ผัดไทยเส้นไข่	71.1	1,517.7	61.4	1,579.1	51.8
แกงเขียวหวานห่อไข่	39.3	971.5	36.6	1,008.1	75.1
แกงมัสมั่นห่อไข่	41.0	809.3	41.2	850.5	67.8
ต้มข่าไก่ห่อไข่	33.4	672.0	23.7	695.7	75.2
ไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่	38.3	487.5	31.0	518.5	77.2

ผลในตารางที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าสมบัติต้านอนุมูลอิสระจากผัดไทยเส้นไข่มีปริมาณ total ORAC สูงสุด รองลงมาได้แก่ แกงเขียวหวานห่อไข่ แกงมัสมั่นห่อไข่ ต้มข่าไก่ห่อไข่ และไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่ ตามลำดับ เนื่องจากผัดไทยมีส่วนผสมที่มีพืชผักและเครื่องเทศหลายชนิด เช่น ผักกวยช่าย และน้ำมะขาม กระเทียม หัวหอม พริกไทย เป็นต้น สำหรับแกงเขียวหวานและแกงมัสมั่นนั้นมีส่วนผสมเครื่องเทศสมุนไพรหลายชนิดเช่นกัน จึงมีผลทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง

4.3.7 การตรวจสอบด้านความปลอดภัยอาหาร

เพื่อความปลอดภัยต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งพร้อมบริโภค ที่เตรียมโดยกระบวนการผ่านการให้ความร้อนและเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็ง และอุ่นรับประทานด้วยเตาไมโครเวฟ ได้ทำการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหาร ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ Aerobic Plate Count 35 - 37 C, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholera* และ *Listeria monocytogenes* จำนวน 8 ชนิด ตัวอย่างอาหารแช่เยือกแข็งทั้ง 5 เมนู ผลการตรวจสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.16-4.20 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า อาหารทุกตัวอย่างปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทั้ง 8 ชนิด มี

ความปลอดภัยต่อการบริโภค และ Aerobic Plate Count 35 - 37 C ไม่เกิน 1×10^6 cfu/g จะบ่งชี้ว่าตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.16 ผลตรวจสอบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของผัดไทยห่อไข่

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
Aerobic Plate Count 35 - 37 C	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>E. coli</i>	น้อยกว่า 3	MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Clostridium perfringens</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Bacillus cereus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ	/25g
<i>Vibrio cholerae</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	ไม่พบ	/25g

ตารางที่ 4.17 ผลตรวจสอบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของแกงเขียวหวานห่อไข่

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
Aerobic Plate Count 35 - 37 C	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>E. coli</i>	น้อยกว่า 3	MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Clostridium perfringens</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Bacillus cereus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ	/25g
<i>Vibrio cholerae</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	ไม่พบ	/25g

ตารางที่ 4.18 ผลตรวจสอบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของแกงมัสมั่นห่อไข่

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
Aerobic Plate Count 35 - 37 C	50	cfu/g
<i>E. coli</i>	น้อยกว่า 3	MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Clostridium perfringens</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Bacillus cereus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ	/25g
<i>Vibrio cholerae</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	ไม่พบ	/25g

ตารางที่ 4.19 ผลตรวจสอบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของต้มยำไก่ห่อไข่

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
Aerobic Plate Count 35 - 37 C	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>E. coli</i>	น้อยกว่า 3	MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Clostridium perfringens</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Bacillus cereus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ	/25g
<i>Vibrio cholerae</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	ไม่พบ	/25g

ตารางที่ 4.20 ผลตรวจสอบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
Aerobic Plate Count 35 - 37 C	35	cfu/g
<i>E. coli</i>	น้อยกว่า 3	MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Clostridium perfringens</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Bacillus cereus</i>	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	cfu/g
<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Vibrio cholerae</i>	ไม่พบ	/25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	ไม่พบ	/25g

4.3.8 คุณค่าทางโภชนาการและฉลากโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการและฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารควบคุมน้ำหนักที่มีไข่ไก่เป็นส่วนผสมทั้ง 5 ชนิด แสดงในตารางที่ 4.21 ถึง 4.25

ตารางที่ 4.21 คุณค่าทางโภชนาการของผัดไทยเส้นไข่

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (200 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	216.15	430
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	78.39	160
ไขมันทั้งหมด, กรัม	8.71	17
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	1.42	3
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	20.11	40
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	10.65	21
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	23.79	50
ใยอาหาร, กรัม	4.18	8
น้ำตาล, กรัม	9.89	20
โซเดียม, มิลลิกรัม	765.89	1,530
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	17.85	(35.69)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.09	(0.18)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.20	(0.40)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	73.45	(146.90)
เหล็ก, มิลลิกรัม	1.81	(3.62)
ถั่ว, กรัม	2.56	
ความชื้น, กรัม	54.29	

ข้อมูลโภชนาการผัดไทยเส้นไข่			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 200 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	430	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 160 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	17	ก.	26 %
ไขมันอิ่มตัว	3	ก.	15 %
คอเลสเตอรอล	40	มก.	13 %
โปรตีน	21	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	50	ก.	17 %
ใยอาหาร	8	ก.	32 %
น้ำตาล	20	ก.	
โซเดียม	1530	มก.	64 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	4	%	วิตามินบี 1 10 %
วิตามินบี 2	25	%	แคลเซียม 20 %
เหล็ก	25	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ตารางที่ 4.22 คุณค่าทางโภชนาการของแกงเขียวหวานไก่ห่อไข่

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (95 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	111.93	110
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	40.41	40
ไขมันทั้งหมด, กรัม	4.49	4
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	2.65	2.5
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	38.86	35
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	9.84	9
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	8.04	8
ใยอาหาร, กรัม	2.68	3
น้ำตาล, กรัม	2.60	2
โซเดียม, มิลลิกรัม	460.30	440
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	5.50	(5.22)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.09	(0.09)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.07	(0.07)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	40.32	(38.30)
เหล็ก, มิลลิกรัม	0.88	(0.84)
ถั่ว, กรัม	1.62	
ความชื้น, กรัม	76.01	

ข้อมูลโภชนาการแกงเขียวหวานไก่ห่อไข่แซ่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 95 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	110	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 40 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	4	ก.	6 %
ไขมันอิ่มตัว	2.5	ก.	13 %
คอเลสเตอรอล	35	มก.	12 %
โปรตีน	9	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	8	ก.	3 %
ใยอาหาร	3	ก.	12 %
น้ำตาล	2	ก.	
โซเดียม	440	มก.	18 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 6 %
วิตามินบี 2	4	%	แคลเซียม 4 %
เหล็ก	6	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ตารางที่ 4.23 คุณค่าทางโภชนาการของแกงมัสมั่นไก่ห่อไข่

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (95 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	157.34	150
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	72.54	70
ไขมันทั้งหมด, กรัม	8.06	8
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	4.01	4
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	22.37	20
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	11.66	11
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	9.54	9
ใยอาหาร, กรัม	4.05	4
น้ำตาล, กรัม	4.00	4
โซเดียม, มิลลิกรัม	526.66	500
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	11.59	(11.01)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.06	(0.06)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.04	(0.04)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	22.43	(21.31)
เหล็ก, มิลลิกรัม	0.93	(0.88)
ถั่ว, กรัม	1.77	
ความชื้น, กรัม	68.97	

ข้อมูลโภชนาการแกงมัสมั่นไก่ห่อไข่แช่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 95 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	150	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 70 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	8	ก.	12 %
ไขมันอิ่มตัว	4	ก.	20 %
คอเลสเตอรอล	20	มก.	7 %
โปรตีน	11	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	9	ก.	3 %
ใยอาหาร	4	ก.	16 %
น้ำตาล	4	ก.	
โซเดียม	500	มก.	21 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 4 %
วิตามินบี 2	2	%	แคลเซียม 2 %
เหล็ก	6	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด		น้อยกว่า	65 ก.
ไขมันอิ่มตัว		น้อยกว่า	20 ก.
คอเลสเตอรอล		น้อยกว่า	300 มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด			300 ก.
ใยอาหาร			25 ก.
โซเดียม		น้อยกว่า	2,400 มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ตารางที่ 4.24 คุณค่าทางโภชนาการของต้มข้าวไก่ห่อไข่

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (95 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	111.19	110
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	36.63	35
ไขมันทั้งหมด, กรัม	4.07	4
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	2.44	2.5
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	20.97	20
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	10.61	10
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	8.03	8
ใยอาหาร, กรัม	3.06	3
น้ำตาล, กรัม	2.03	2
โซเดียม, มิลลิกรัม	449.31	430
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	3.19	(3.03)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.07	(0.07)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.05	(0.05)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	22.31	(21.19)
เหล็ก, มิลลิกรัม	0.93	(0.88)
ถั่ว, กรัม	1.54	
ความชื้น, กรัม	75.75	

ข้อมูลโภชนาการต้มข้าวไก่ห่อไข่แซ่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 95 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	110 กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน	35 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	4 ก.		6 %
ไขมันอิ่มตัว	2.5 ก.		13 %
คอเลสเตอรอล	20 มก.		7 %
โปรตีน	10 ก.		
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	8 ก.		3 %
ใยอาหาร	3 ก.		12 %
น้ำตาล	2 ก.		
โซเดียม	430 มก.		18 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0 %	วิตามินบี 1	4 %
วิตามินบี 2	2 %	แคลเซียม	2 %
เหล็ก	6 %		
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

ตารางที่ 4.25 คุณค่าทางโภชนาการของไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่

สารอาหาร	ปริมาณ/100 กรัม	ปริมาณ/หน่วยบริโภค (90 กรัม)
พลังงาน, กิโลแคลอรี	104.29	90
พลังงานจากไขมัน, กิโลแคลอรี	39.69	35
ไขมันทั้งหมด, กรัม	4.41	4
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	0.83	1
คอเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	43.77	40
โปรตีน (แฟคเตอร์ 6.25), กรัม	5.92	5
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	10.23	9
ใยอาหาร, กรัม	2.83	3
น้ำตาล, กรัม	4.55	4
โซเดียม, มิลลิกรัม	374.40	340
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	9.00	(8.10)
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.06	(0.05)
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.04	(0.04)
แคลเซียม, มิลลิกรัม	17.72	(15.95)
เหล็ก, มิลลิกรัม	0.65	(0.59)
เกลือ, กรัม	1.12	
ความชื้น, กรัม	78.32	

ข้อมูลโภชนาการไก่ผัดเปรี้ยวหวานห่อไข่แช่เยือกแข็ง			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 90 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	90	กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน	35 กิโลแคลอรี)
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	4	ก.	6 %
ไขมันอิ่มตัว	1	ก.	5 %
โคเลสเตอรอล	40	มก.	13 %
โปรตีน	5	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	9	ก.	3 %
ใยอาหาร	3	ก.	12 %
น้ำตาล	4	ก.	
โซเดียม	340	มก.	14 %
%ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 4 %
วิตามินบี 2	2	%	แคลเซียม น้อยกว่า 2 %
เหล็ก	4	%	
* %ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดพลังงานแช่เยือกแข็ง

4.4.1 หลักการพัฒนา

ขนมลดช่องไทย เป็นขนมไทยโบราณ โดยรับประทานกับน้ำกะทิที่นำมาเคี่ยวกับน้ำตาลโตนด ซึ่งนิยมรับประทานกันเป็นประจำในเทศกาลงานบุญ งานบวช นิยมรับประทานร่วมกับน้ำแข็ง ลักษณะที่ดีของขนมลดช่องไทย คือ ตัวของลดช่องควรมีลักษณะตรงกลางป่องเล็กน้อย หัวท้ายเรียวยาวแหลม เนื้อสัมผัสของตัวลดช่องนุ่มเหนียวอยู่ตัว ไม่เละ มีสีเขียว และหอมกลิ่นของใบเตย ส่วนของน้ำกะทิควรมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ มีความมันของกะทิ (นิดา และคณะ, 2553) และยังได้กลิ่นหอมของปูนด้วย (อรวิสา, 2542) นอกจากนี้ปูนไผ่ยังช่วยให้แป้งเกาะตัวกัน ไม่เลอะเหลว แต่ถ้าใส่มากเกินไปผลทำให้ขนมออกรสชาติของปูนมากเกินไป ตัวแป้งไม่ยุ่ยเหนียว ทำให้ขนมไม่อร่อยได้ (นิดา และคณะ, 2554) ลดช่องไทยเป็นขนมไทยที่มีความนิยมบริโภคสูงในปัจจุบัน ดังนั้นการคำนึงถึงคุณค่าทางอาหารและพลังงานที่ได้รับจึงมีความสำคัญสำหรับผู้บริโภค นอกจากนี้กระบวนการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตใหม่ และผลิตภัณฑ์ยังมีความปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นส่วนผสมทั้งส่วนผสมหลักและส่วนผสมรองที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัส

ไฮโดรคอลลอยด์ เป็นพอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการใช้ประโยชน์มาก ได้แก่ สารที่ทำให้เกิดความหนืด การเกิดเจลและฟิล์ม ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งและผลึกน้ำตาล ป้องกันการสูญเสียน้ำจากเซลล์ ปรับปรุงคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ทำให้เกิดความคงตัวในอิมัลชัน และสารที่ทำให้เกิดการเกาะตัวกัน (Phillips and Williams, 2009) การให้ความชื้นหนืด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างและเนื้อสัมผัสแตกต่างกันตามชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ ไฮโดรคอลลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสมหลัก โดยการไปลดการเกิดลดซินเนอเรซิสของเจลสตาร์ช เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี (Simsek, 2009) ความสามารถในการจับกับน้ำของไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นหนืดมากขึ้น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปแช่เยือกแข็งจะไปลดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลต่างๆ ในอาหาร และลดการรวมตัวกันของน้ำที่จะเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่

ซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานสังเคราะห์ที่ให้ความหวานสูง โดยจะมีความหวานเป็น 400 - 800 เท่าของน้ำตาลซูโครส มีความคงตัวดีเมื่อเทียบกับสารให้ความหวานสังเคราะห์ชนิดอื่น ทนต่อความร้อนสูงและความชื้น เป็นของแข็งที่เป็นผลึกสีขาว สามารถละลายได้ดีในน้ำ ที่ความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่ละลายในน้ำมันและไขมัน ให้รสชาติใกล้เคียงน้ำตาลมาก ไม่ทำให้เกิดรสขมหรือรสขมหลังจากรับประทาน จึงสามารถนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดใช้ได้อย่างกว้างขวางในอาหาร เช่น ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มร้อนและเย็น ทั้งชนิดที่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไม่อัดแก๊ส ขนมอบ อาหารกระป๋อง อาหารแช่เยือกแข็ง หมากฝรั่ง ผลไม้แปรรูปและผลไม้ สเปรต ผลิตภัณฑ์นม และ น้ำสลัด เป็นต้น (Grice and Goldsmith, 2000) เมื่อบริโภคซูคราโลสเข้าไปในร่างกาย ส่วนใหญ่ไม่สามารถดูดซึม และกำจัดออกทางอุจจาระได้ การที่ร่างกายไม่สามารถดูดซึมได้เนื่องจากซูคราโลสมีโครงสร้างที่สังเคราะห์มาจากซูโครส ที่มีกลอสินเข้าไปแทนที่ในโมเลกุลของซูโครส ทำให้มีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป ซูคราโลสจึงไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายเหมือนซูโครส (Grotz and Munro, 2009)

4.4.2 วิธีดำเนินงาน

4.4.2.1 การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตขนมลอดช่องไทยลดพลังงาน

แช่เยือกแข็ง

1. ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปรที่มีผลต่อคุณภาพของเส้นลอดช่อง

ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร โดยใช้กะทิที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายแดงชนิดเดียว โดยจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร 3 ระดับ คือ 100:0, 80:20 และ 70:30 โดยสูตรของเส้นลอดช่องพื้นฐานมีส่วนผสม ดังนี้ น้ำปูนใส (อัตราส่วนของปูนแดงต่อน้ำ คือ 1:6) 58 % น้ำต้มสุก 17% และน้ำใบเตย (อัตราส่วนระหว่างใบเตยสดต่อน้ำ คือ 1: 5) 8% แป้งข้าวเจ้า 17% ผลิตโดยนำน้ำปูนใสค่อยๆ ใส่ลงไปนึ่ง พร้อมกับนวดแป้งจนแป้งเหลวไม่เป็นก้อน จากนั้นเติมน้ำใบเตย และน้ำต้มสุก คนให้เข้ากัน นำมาใส่ในกระทะทองเหลืองแล้วนำขึ้นตั้งไฟที่ไฟปานกลาง กวนแป้งจนแป้งมีลักษณะสุกใสโดยใช้เวลาประมาณ 8-10 นาที จากนั้นยกกระทะลง นำเนื้อแป้งที่กวนสุกแล้วใส่ลงในพิมพ์กดเส้นลอดช่อง โดยกดลอดช่องลงในน้ำเย็นจัด (อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส) จากนั้นตัดเส้นลอดช่องขึ้นสะเด็ดน้ำก่อนจะเสิร์ฟพร้อมกับน้ำกะทิ โดยน้ำกะทิมีส่วนผสมก่อนพัฒนาที่มีการผสมไฮโดรคอลลอยด์ ดังนี้ น้ำตาลทรายแดง 36.30% กะทิและน้ำ 62.65% เกลือและไฮโดรคอลลอยด์ 1.05% และมีกรรมวิธีการผลิต ดังนี้ ละลายไฮโดรคอลลอยด์ และน้ำตาลทรายแดงครึ่งหนึ่งของสูตรกับน้ำร้อน ตีผสมด้วยเครื่องผสม เป็นเวลา 2 นาทีพักไว้ หลังจากนั้นนำกะทิตั้งไฟใส่เกลือ น้ำตาลทรายส่วนที่เหลือ คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ประมาณ 4 นาทีด้วยไฟปานกลาง) แล้วจึงใส่ไฮโดรคอลลอยด์ที่เตรียมไว้ คนให้เข้ากันจนได้ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปั่นผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (hand homogenizer) นำลอดช่องผสมกับน้ำกะทิอัตราส่วนเท่ากับ 2:3 มีน้ำหนักบรรจุ 100 กรัมต่อถ้วย แล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ค่าทางคุณภาพ ดังนี้

1.1 คุณภาพทางกายภาพ

สี ในระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* โดย L* คือค่าความสว่าง (มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100), a* มีค่าเป็นบวก คือมีค่าความเป็นสีแดง a* มีค่าเป็นลบ คือมีค่าความเป็นสีเขียว และ b* มีค่าเป็นบวก คือมีค่าความเป็นสีเหลือง b* มีค่าเป็นลบ คือมีค่าความเป็นสีน้ำเงิน ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดสำหรับของเหลว (Petri Dish) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ โดยวัดค่าสีในส่วนของตัวลอดช่องและน้ำกะทิ ซึ่งมีการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้ ให้ความร้อนลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที แยกเส้นลอดช่องออกโดยการกรองด้วยตะแกรงกรองนาน 5 นาที

1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยที่ 9=ชอบมากที่สุด 8=ชอบมาก 7=ชอบปานกลาง 6=ชอบเล็กน้อย 5=บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 3=ไม่ชอบปานกลาง 2=ไม่ชอบมาก 1=ไม่ชอบมากที่สุด ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟพร้อมน้ำแข็งอัตราส่วนลอดช่องไทยต่อน้ำแข็งเท่ากับ 2:1

2. ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร โดยใช้กะทิที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายแดงต่อชุกราโลสที่อัตราส่วน 1:1

เนื่องจากชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานมีผลต่อเนื้อสัมผัสของลอดช่อง จึงทำการศึกษา โดยการทดแทนน้ำตาลทรายแดงด้วยซูคราโลสในอัตราส่วน 1:1 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร 3 ระดับ คือ 100:0, 80:20 และ 70:30 นำลอดช่องผสมกับน้ำกะทิอัตราส่วน 2:3 น้ำหนักบรรจุ 100 กรัมต่อถ้วย แล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ค่าทางคุณภาพ ดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

สี ในระบบ CIE L* a* b* ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ โดยวัดค่าสีในส่วนของตัวลอดช่องและน้ำกะทิ ตามวิธีการข้อ 1.1

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟพร้อมน้ำแข็งอัตราส่วนลอดช่องไทยต่อน้ำแข็ง 2:1

3. ศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสที่มีผลต่อคุณภาพของลอดช่องไทย

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสในน้ำกะทิที่มีผลต่อคุณลักษณะต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลส 3 ระดับ คือ 50:50 25:75 และ 0:100 นำลอดช่องผสมกับน้ำกะทิอัตราส่วน 2:3 น้ำหนักบรรจุ 100 กรัมต่อถ้วย แล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟพร้อมน้ำแข็งอัตราส่วนลอดช่องไทยต่อน้ำแข็ง 2:1

4. ศึกษาผลของชนิดของน้ำตาลในน้ำกะทิที่มีผลต่อคุณภาพของลอดช่องไทย

นำอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสที่เหมาะสมของส่วนผสมในน้ำกะทิจากข้อ 1.3 มาศึกษาชนิดของน้ำตาล (น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลปีบ) ในส่วนของน้ำตาลทราย เพื่อพัฒนากลิ่นรสของลอดช่องไทย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบ 3 ระดับ คือ 100:0, 50:50 และ 0:100 นำลอดช่องผสมกับน้ำกะทิอัตราส่วน 2:3 น้ำหนักบรรจุ 100 กรัมต่อถ้วย แล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ค่าทางคุณภาพ ดังนี้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

ก. สี ในระบบ CIE L* a* b* ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ โดยวัดค่าสีในส่วนของตัวลอดช่องและน้ำกะทิ ตามวิธีการข้อ 1.1.1

ข. ความหนืด วัดความหนืดของน้ำกะทิที่ผลิตเสร็จแล้ว ซึ่งยังไม่ได้ผสมกับลอดช่อง ด้วยเครื่อง Brookfield DV III UL Adaptor ความเร็วเริ่มต้น 0 รอบต่อนาที โดยเพิ่มความเร็วทีละ 10 รอบต่อนาที จำนวนรอบ 22 รอบ ระยะเวลารอบละ 30 วินาที ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 25 °C องศาเซลเซียส

ค. เนื้อสัมผัส วัดเนื้อสัมผัสของลอดช่อง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) โดยวิธี Backward extrusion ใช้หัววัดแบบ spherical plate plunger เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร โดยใส่ตัวอย่างลงในถ้วยทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร สูง 75 มิลลิเมตร ให้มี

ความสูงจากก้นกระบอกวัด 25 มิลลิเมตร หัววัดเคลื่อนที่ตกลงบนตัวอย่างด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมีระยะกด 50% ของความสูงของตัวอย่าง ทำการวัดจำนวน 10 ซ้ำ การเตรียมตัวอย่างเพื่อวัดเนื้อสัมผัสในส่วนของตัวอย่างหลอดช่อง ทำโดยนำตัวอย่างหลอดช่องแช่เยือกแข็งไปให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที แล้วกรองด้วยตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำกะทิเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่า

4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟพร้อมน้ำแข็งอัตราส่วนหลอดช่องไทยต่อน้ำแข็ง 2:1

4.4.2.2 ศึกษาผลของการคงตัวหลังการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw stability)

นำตัวอย่างสูตรที่ได้จากการพัฒนาไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจินิก (cryogenic freezer) บรรจุตัวอย่างน้ำหนัก 100 กรัมต่อถ้วย อุณหภูมิตรงกลางผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ -25 องศาเซลเซียส เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นำมาศึกษาผลของการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ สำหรับหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่ทำการละลาย 1 รอบ เตรียมโดยนำตัวอย่างหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่เก็บไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง มาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที มาวิเคราะห์คุณภาพ และหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่ทำการละลาย 2 รอบ เตรียมโดยนำตัวอย่างหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่เก็บไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส นำตั้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และนำไปแช่เยือกแข็งใหม่ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที นำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ วัดค่าสี ในระบบ CIE L* a* b ของตัวอย่างหลอดช่องและน้ำกะทิ ความหนืดของน้ำกะทิ และเนื้อสัมผัสของตัวอย่างหลอดช่อง การเตรียมตัวอย่างโดยหลังจากให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟแล้วแยกตัวอย่างหลอดช่องออกจากน้ำกะทิโดยการกรองด้วยตะแกรง กรองนาน 5 นาที นำส่วนของหลอดช่องไปวัดค่าสี และเนื้อสัมผัส ส่วนน้ำกะทินำไปวัดค่าสี และความหนืด ตามวิธีการข้อ 1.4.1

2. คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) (ภาคผนวก ก) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟพร้อมน้ำแข็งอัตราส่วนหลอดช่องไทยต่อน้ำแข็ง 2:1

3. คุณภาพทางจุลินทรีย์ วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholera*, *Listeria monocytogenes* ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4.2.3 การศึกษาคุณภาพของหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้

นำขนมหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่ได้จากการพัฒนามาตรวจสอบคุณภาพ โดยนำมาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที น้ำหนัก 100 กรัมต่อถ้วย นำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ

1.1 สี ในระบบ CIE L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L^* , a^* , b^* ตามวิธีการข้อ 1.1.1

1.2 ความหนืด วัดความหนืดของน้ำกะทิ ด้วยเครื่อง Brookfield DV III UL Adaptor ความเร็วเริ่มต้น 0 รอบต่อนาที โดยเพิ่มความเร็วทีละ 10 รอบต่อนาที จำนวนรอบ 22 รอบ ระยะเวลา รอบละ 30 วินาที ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเตรียมตัวอย่างเพื่อวัดความหนืดของน้ำกะทิ ทำโดยนำตัวอย่างหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งไปให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที แล้วกรองด้วยตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำกะทิเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำน้ำกะทิไปวัดความหนืด

1.3 เนื้อสัมผัส วัดเนื้อสัมผัสของหลอดช่อง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ตามวิธีการข้อ 1.4.1 ข้อ ค.

2. คุณภาพทางจุลินทรีย์ วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholera*, *Listeria monocytogenes* ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4.2.4 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมหลอดช่องไทยลดพลังงาน แช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์หลอดช่องไทยจากการพัฒนา มาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้การทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) (ภาคผนวก ณ) สถานที่ทดสอบคือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 200 คน โดยทำการสอบถามข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน พฤติกรรมการบริโภคหลอดช่องไทย ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะด้านสีของกะทิ สีของเส้นหลอดช่อง กลิ่น รสหวาน รสชาติโดยรวม ความหนืดของกะทิ เนื้อสัมผัสของหลอดช่อง และความชอบรวม รวมทั้งถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อขนมหลอดช่องไทย โดยมีการเตรียมตัวอย่างสำหรับศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ดังนี้ นำหลอดช่องไทยที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจินิก มาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ นาน 2.30 นาที แล้วเสิร์ฟให้กับผู้บริโภคพร้อมน้ำแข็ง

4.4.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและหากสิ่งทดลองมีความแตกต่าง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.3 ผลการดำเนินงาน

1. การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตหลอดช่องไทยแช่เยือกแข็ง

1.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปรที่มีผลต่อคุณภาพของเส้นหลอดช่อง จากการทดลอง โดยศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร ส่วนผสมที่ให้ความหวานในกะทิ คือน้ำตาลทรายแดงอย่างเดียว ได้ผลคุณภาพทางกายภาพดังแสดงในตารางที่ 4.26 พบว่าน้ำกะทิ มีค่าความสว่าง (L^*) ปานกลาง อยู่ในช่วง 56.95 ถึง 60.84 มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ต่ำ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ปานกลาง สำหรับคุณภาพด้านค่าสีของตัวหลอดช่องที่ได้หลังจากแยกออกจากน้ำกะทิ มีค่า

ความสว่าง (L*) ปานกลาง อยู่ในช่วง 42.73 ถึง 46.24 ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ปานกลาง อยู่ในช่วง (-8.42) ถึง (-9.62) มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ปานกลาง

ตารางที่ 4.26 ค่าสีของกะทิและสีของเส้นลอดช่องที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งดัดแปรต่างกัน

คุณภาพ		อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า : แป้งดัดแปร		
		100:0	80:20	70:30
น้ำกะทิ	ค่าสี			
	L*	60.84±0.03 ^a	60.29±0.03 ^a	56.95±0.04 ^b
	a*	0.97±0.09 ^b	1.86±0.10 ^a	1.76±0.11 ^a
	b ^{*ns}	23.79±0.20	22.98±0.22	24.16±0.22
เส้นลอดช่อง	ค่าสี			
	L*	43.08±0.26 ^b	46.24±0.10 ^a	42.73±0.07 ^b
	a*	-9.62±0.29 ^a	-8.51±0.34 ^b	-8.42±0.24 ^b
	b ^{*ns}	27.19±0.38	22.59±0.65	23.24±0.33

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.27 พบว่าทุก ๆ คุณลักษณะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยเนื้อสัมผัสของลอดช่องที่แป้งข้าวเจ้าชนิดเดียวมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุด เนื่องจากเส้นลอดช่องมีความแข็งน้อยกว่าเส้นลอดช่องที่มีส่วนผสมของแป้งดัดแปร

ตารางที่ 4.27 คะแนนเฉลี่ยความชอบของลอดช่องไทยที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งดัดแปรต่างกัน

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า: แป้งดัดแปร		
	100:0	80:20	70:30
สีของลอดช่อง ^{ns}	7.2 ± 0.8	7.3 ± 0.9	7.1 ± 0.8
กลิ่นรสลอดช่อง ^{ns}	7.0 ± 0.8	7.2 ± 0.9	6.9 ± 1.0
รสชาติกะทิโดยรวม ^{ns}	6.9 ± 0.9	6.6 ± 1.2	6.7 ± 1.4
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง ^{ns}	6.7 ± 1.0	6.4 ± 1.3	6.3 ± 1.2
รสหวาน ^{ns}	6.2 ± 1.7	6.3 ± 1.7	6.0 ± 1.8
ความหนืดของกะทิ ^{ns}	6.1 ± 1.3	6.5 ± 1.2	6.7 ± 0.9
ความชอบรวม ^{ns}	6.6 ± 0.8	6.5 ± 1.0	6.4 ± 1.3

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

1.2 ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งดัดแปร โดยใช้กะทิที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายแดงต่อชูคราโลสที่อัตราส่วน 1:1

เนื่องจากต้องการลดพลังงานที่ได้จากน้ำตาลทราย ดังนั้นจึงพัฒนาสูตรโดยการศึกษา น้ำกะทิที่ทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสครั้งหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลในน้ำกะทิมีผลต่อคุณภาพของเส้นลอดช่องจากการทดลอง โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปรในอัตราส่วน 100:0, 80:20 และ 70:30 จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.28 พบว่าในทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นเนื้อสัมผัสของลอดช่อง เมื่อพิจารณาถึงคะแนนความชอบที่ผู้ทดสอบให้คะแนน พบว่าที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร 80:20 มีค่าความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสของลอดช่อง ความหนืดของกะทิและความชอบรวมมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งตัดแปรมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสลอดช่อง เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งตัดแปรมากขึ้นจะพบว่ามีเนื้อสัมผัสของเส้นลอดช่องจะความแข็งเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวจะพบว่าให้เนื้อสัมผัสที่ได้จะมีลักษณะนิ่มและละเอียดน้อย เมื่อพิจารณาถึงกลิ่นรสลอดช่อง พบว่ามีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากันอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.7) แสดงให้เห็นว่าแป้งทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อคุณลักษณะกลิ่นรสของลอดช่อง จากผลการทดลองจึงเลือกลอดช่องไทยที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปรเท่ากับ 80:20 เพื่อนำไปศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.28 คะแนนเฉลี่ยความชอบของลอดช่องไทยที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปรต่างกันและใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายแดงที่อัตราส่วน 1:1

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปร		
	100:0	80:20	70:30
สีของลอดช่อง ^{ns}	7.3 ± 0.9	7.0 ± 1.4	6.9 ± 1.5
กลิ่นรสลอดช่อง ^{ns}	6.7 ± 1.0	6.7 ± 1.1	6.7 ± 1.2
รสชาติกะทิโดยรวม ^{ns}	6.4 ± 1.4	6.6 ± 1.6	6.7 ± 1.3
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง	6.7 ± 1.4 ^b	7.3 ± 0.9 ^a	6.9 ± 1.2 ^{ab}
รสหวาน ^{ns}	6.7 ± 1.4	7.0 ± 1.1	6.8 ± 1.0
ความหนืดของกะทิ ^{ns}	6.5 ± 1.3	6.7 ± 1.5	6.6 ± 1.2
ความชอบรวม ^{ns}	6.3 ± 1.1	7.0 ± 1.3	6.8 ± 1.3

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.3 ศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสที่มีต่อคุณภาพของน้ำกะทิ

จากการทดลองศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสในน้ำกะทิ ได้ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังแสดงในตารางที่ 4.29 พบว่าในทุกคุณลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะทางด้านสีของกะทิที่ไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงความชอบในด้านเนื้อสัมผัสเมื่อใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายแดงทั้งหมด ส่งผลในด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อลอดช่องจะมีลักษณะนิ่มและค่อนข้างมาก และทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีค่าน้อยที่สุดในด้านของความชอบด้านรสหวาน เมื่อปริมาณน้ำตาลทรายในกะทิลดน้อยลงส่งผลให้คะแนนความชอบน้อยลง จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ซูคราโลสทดแทนปริมาณน้ำตาลทราย

แดงในน้ำกะทิทั้งหมด พบว่ามีคะแนนความชอบน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลทรายในน้ำกะทิมีผลต่อเนื้อสัมผัสของลอดช่อง โดยช่วยรักษาความคงตัวของเนื้อลอดช่อง ทำให้ไม่นิ่มจนเกินไป เจลแป็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วทำละลายน้ำแข็ง เจลแป็งจะมีลักษณะเป็นรูพรุนมากขึ้น ทำให้น้ำแยกตัวออกมาได้ง่าย ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสคล้ายฟองน้ำ ซึ่งเป็นผลจากการเกิดซินเนอเรซิส น้ำตาลทรายสามารถลดการเกิดซินเนอเรซิสของเจลแป็งได้ จากการศึกษาของ Arunyanart and Charoenrien (2008) พบว่า การเติมน้ำตาลทรายลงไปในเจลแป็งข้าวเจ้า มีผลทำให้รูพรุนของเจลแป็งหลังจากการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งมีขนาดลดลง

ในด้านความหนืดของกะทิที่อัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลส 25:75 มีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าความชอบของความหนืดของกะทิที่อัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสที่ 50:50 ในคุณลักษณะทางด้านสีของกะทิมีค่าทางด้านความชอบลดลง เมื่อไม่มีส่วนผสมของน้ำตาลแดงเนื่องจากน้ำกะทิมีสีขาว โดยที่อัตราส่วนต่อน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลส 25:75 และ 50:50 ความชอบด้านสีของกะทิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จึงเลือกอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสที่ 50:50 เพื่อไปทำการพัฒนาต่อไป น้ำกะทิมีสีน้ำตาลอ่อนน่ารับประทาน มีค่าคะแนนความชอบด้านรสหวาน เนื้อสัมผัสของลอดช่อง และความชอบรวมสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น

ตารางที่ 4.29 คะแนนเฉลี่ยความชอบของลอดช่องไทยที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสต่างกัน

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของน้ำตาลทรายแดง : ซูคราโลส		
	50:50	25:75	0:100
สีของกะทิ ^{ns}	6.7 ± 1.2	6.8 ± 1.0	6.3 ± 1.3
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง	6.7 ± 1.0 ^a	6.2 ± 1.5 ^{ab}	5.9 ± 1.2 ^b
รสหวาน	6.7 ± 1.4 ^a	6.1 ± 1.1 ^{ab}	5.4 ± 1.4 ^b
ความหนืดของกะทิ	6.1 ± 1.5 ^a	6.3 ± 1.5 ^a	5.3 ± 1.7 ^b
ความชอบรวม	6.7 ± 0.9 ^a	6.3 ± 1.1 ^a	5.3 ± 1.5 ^b

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1.4 ผลของชนิดของน้ำตาลที่มีผลต่อคุณลักษณะของลอดช่องไทย

จากการทดลอง โดยการศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบ 3 ระดับ คือ 100:0, 50:50 และ 0:100 ได้ผลคุณภาพทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.30 พบว่าเมื่อน้ำกะทิมีปริมาณน้ำตาลปีบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำตาลปีบทำมาจากน้ำตาลมะพร้าว ซึ่งมีสีน้ำตาล จึงส่งผลให้น้ำกะทิมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำกะทิมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อน้ำกะทิมีปริมาณน้ำตาลปีบเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบ 100:0 มีค่าความหนืดสูงสุด

เมื่อพิจารณาเส้นลอดช่อง พบว่าเส้นลอดช่องเมื่อทำการแช่เยือกแข็งในน้ำกะทิที่มีอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบแตกต่างกันได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.31 เส้นลอดช่องมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียวและสีเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่ออุ่นลอดช่องไทยสีเขียวจากเส้นลอดช่องออกมาในน้ำกะทิ และเส้นลอดช่องยังมีน้ำกะทิเคลือบที่ผิวของเส้นเล็กน้อย และเมื่อเส้นลอดช่องในน้ำกะทิที่มีปริมาณน้ำตาลทรายแดงลดลง พบว่ามีค่าความเป็นสีเขียวลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นลอดช่อง พบว่าเส้นลอดช่องมีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ความคงตัว (consistency) และค่าการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.30 คุณภาพทางกายภาพของน้ำกะทิที่มีอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบแตกต่างกัน

คุณภาพ	น้ำตาลทรายแดง : น้ำตาลปีบ		
	100:0	50:50	0:100
ค่าสี			
L*	78.91±0.04 ^a	76.61±0.08 ^b	74.63±0.04 ^c
a*	1.33±0.02 ^c	2.21±0.02 ^b	2.83±0.02 ^a
b*	12.69±0.03 ^c	16.94±0.06 ^b	19.23±0.03 ^a
ความหนืด (เซนติพอยส์)	31.28±0.30 ^a	30.16±0.03 ^b	30.82±0.41 ^{ab}

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความหนืดวัดที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.32 พบว่าเมื่อน้ำกะทิที่มีปริมาณน้ำตาลทรายแดงลดลง ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นโดยรวม ของลอดช่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านสีของกะทิ เนื้อสัมผัสของลอดช่อง รสหวาน ความหนืดของกะทิ และความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงเมื่อน้ำตาลทรายแดงมีปริมาณลดลง เนื่องจากน้ำตาลทรายแดงที่ใช้ในการศึกษามีกลิ่นหอมมากกว่า สำหรับเนื้อสัมผัสของลอดช่อง พบว่าตัวอย่างน้ำกะทิที่มีส่วนผสมของน้ำตาลปีบเพียงชนิดเดียวมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด เนื่องจากเนื้อลอดช่องค่อนข้างนิ่ม แม้ว่าจะมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างทางสถิติจากสิ่งทดลองอื่น ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบ 100:0 เพราะมีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกคุณลักษณะ และความชอบรวมสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น และมีคะแนนความพอดีทุกคุณลักษณะมากกว่า 60% (ตารางที่ 4.33)

ตารางที่ 4.31 คุณภาพทางกายภาพของเส้นลอดช่องที่มีอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปี๊บแตกต่างกัน

คุณภาพ	น้ำตาลทรายแดง: น้ำตาลปี๊บ		
	100:0	50:50	0:100
ค่าสี			
L*	55.06±1.48 ^b	55.32±1.54 ^b	55.68±0.79 ^{ab}
a*	-7.24±0.29 ^b	-6.38±0.20 ^a	-6.47±0.53 ^a
b*	23.52±1.16 ^b	23.18±0.75 ^b	23.75±0.57 ^b
ค่าเนื้อสัมผัส			
Firmness (N) ^{ns}	7.89±2.14	8.17±2.30	7.70±2.16
Consistency (N.sec) ^{ns}	42.61±19.51	50.21±11.11	44.70±17.36
Cohesiveness (N) ^{ns}	-0.77±0.37	-0.62±1.09	-1.33±0.97

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 4.32 คะแนนเฉลี่ยความชอบของลอดช่องไทยที่มีอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปี๊บต่างกัน

คุณลักษณะ	น้ำตาลทรายแดง : น้ำตาลปี๊บ		
	100:0	50:50	0:100
สีของกะทิ (สีน้ำตาล) ^{ns}	6.9±1.4	6.8±1.3	6.5±1.6
กลิ่นโดยรวม	7.0±1.1 ^a	6.4±1.4 ^b	6.2±1.5 ^b
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง (ความแข็ง) ^{ns}	6.8±1.2	6.6±1.1	6.4±1.2
รสหวาน ^{ns}	7.0±1.5	6.7±1.3	6.7±1.3
ความหนืดของกะทิ ^{ns}	6.9±1.6	6.6±1.6	6.5±1.5
ความชอบรวม ^{ns}	7.0±1.5	6.8±0.9	6.6±1.5

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 4.33 คะแนนความพอดีของลอดช่องไทยที่มีอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปี๊บแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	100:0			50:50			0:100		
	น้อย	พอดี	มาก	น้อย	พอดี	มาก	น้อย	พอดี	มาก
สีของกะทิ (สีน้ำตาล)	34.5	62.1	3.4	13.8	75.9	10.0	0	62.1	37.9
กลิ่นโดยรวม									
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง (ความแข็ง)	17.2	69.0	13.8	13.8	65.5	20.7	27.6	65.5	6.9
รสหวาน	6.9	75.9	17.2	20.7	65.5	13.8	10.3	72.4	17.2
ความหนืดของกะทิ	24.1	65.5	10.3	24.1	65.5	10.3	17.2	55.2	27.6
ความชอบรวม									

2. ผลของการคงตัวหลังการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw stability)

นำตัวอย่างที่ได้จากการพัฒนาไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีโครโอจินิก จนได้อุณหภูมิตรงกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -25 องศาเซลเซียส ดังภาพ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ ได้ผลคุณภาพทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.34 พบว่าน้ำกะทิที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็ง 1 รอบ มีค่าความสว่างมากกว่าการทำละลายน้ำแข็ง 2 รอบ และน้ำกะทิที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็ง 1 รอบ มีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าการทำละลายน้ำแข็ง 2 รอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนความหนืดของน้ำกะทิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คุณภาพทางกายภาพของเส้นลอดช่องได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.35 พบว่าเส้นลอดช่องที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็ง 1 รอบ มีค่าความสว่างน้อยกว่าการทำละลายน้ำแข็ง 2 รอบ และเส้นลอดช่องที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็ง 1 รอบ มีค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าการทำละลายน้ำแข็ง 2 รอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการทำละลายน้ำแข็งส่งผลให้สีเขียวของเส้นลอดช่องละลายออกมาในน้ำกะทิ จึงส่งผลให้เส้นลอดช่องมีสีเขียวลดลง ส่วนค่าเนื้อสัมผัสของเส้นลอดช่อง พบว่าเส้นลอดช่องมีค่าความแน่นเนื้อ ค่าความคงตัว และค่าการเกาะตัวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คุณภาพทางจุลินทรีย์ของลอดช่องแช่เยือกแข็งที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.36 พบว่า ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในมาตรฐาน และปลอดภัยในการบริโภค



ภาพแสดงการแช่เยือกแข็งด้วย Cryogenic freezer

การนำอาหารแช่เยือกแข็งมาผ่านกระบวนการละลายน้ำแข็ง ทำให้โครงสร้างอาหารนิ่มลงและทำลายคุณภาพของอาหาร (Rahman, 2007) เจลแบ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วทำละลายน้ำแข็งจะมีลักษณะเป็นรูพรุนมากขึ้น ทำให้น้ำแยกตัวออกมาได้ง่าย ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสมีโครงสร้างคล้ายฟองน้ำ ซึ่งเป็นผลจากการเกิดซินเนอเรซิส น้ำตาลทรายสามารถลดการเกิดซินเนอเรซิสของเจลแบ่งได้ Ahmad and Williams (1999) พบว่า น้ำตาลโมเลกุลคู่และน้ำตาลเพนโทสปรับปรุงความคงทนต่อการละลายน้ำแข็งของเจลสตาร์ชสาคุได้ จากการศึกษาของ Arunyanart and Charoenrien (2008) พบว่า การเติมน้ำตาลทรายลงไปในเจลแบ่งข้าวเจ้า มีผลทำให้รูพรุนของเจลแบ่งหลังจากแช่เยือกแข็งและทำการละลายน้ำแข็งแล้วมีขนาดลดลง จากการพัฒนาตลอดของไทยนี้ พบว่า ในน้ำกะทิมีส่วนผสมของน้ำตาลทรายซึ่งสามารถลดการเกิดซินเนอเรซิสของแบ่ง ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในตัวตลอดช่องได้ และในน้ำกะทียังมีไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยลดการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมันในกะทิ ทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันได้ดี และไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี จึงไปลดการเกิดซินเนอเรซิสของเจลแบ่ง (Simsak, 2009) เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากขึ้น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปแช่เยือกแข็งจะไปลดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลต่าง ๆ ในอาหารและลดการเกิดผลึกน้ำแข็ง (ควบคุมการโตของผลึกน้ำแข็ง)

ตารางที่ 4.34 คุณภาพทางกายภาพของน้ำกะทิที่มีการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ

คุณภาพ	การละลายน้ำแข็ง	
	1 รอบ	2 รอบ
ค่าสี		
L*	75.03±0.04 ^a	73.11±0.03 ^b
a*	-0.67±0.03 ^a	-0.67±0.04 ^a
b*	18.39±0.04 ^b	19.05±0.07 ^a
ความหนืด (เซนติพอยส์)	40.22±1.05 ^a	42.11±0.06 ^a

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 4.35 คุณภาพทางกายภาพของเส้นลอดช่องที่มีการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ

คุณภาพ	การละลาย	
	1 รอบ	2 รอบ
ค่าสี		
L*	55.30±0.70 ^b	57.24±0.69 ^a
a*	-8.04±0.32 ^b	-6.88±0.29 ^a
b* ^{ns}	22.24±0.91	22.70±0.77
ค่าเนื้อสัมผัส		
Firmness (N) ^{ns}	8.56±1.86	7.71±2.09
Consistency (N.sec) ^{ns}	49.85±16.31	47.19±16.76
Cohesiveness (N) ^{ns}	-0.94±0.65	-1.53±0.85

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 4.36 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของลอดช่องไทยแช่เยือกแข็งที่มีการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ

คุณภาพ	การละลาย	
	1 รอบ	2 รอบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	1.6 × 10 ²	2.0 × 10 ²
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
<i>Staphylococcus aureus</i> (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
<i>Clostridium perfringens</i> (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
<i>Bacillus cereus</i> (โคโลนีต่อกรัม)	0.89 × 10 ²	0.95 × 10 ²
<i>Salmonella spp.</i> (ต่อ 25 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Vibrio cholera</i> (ต่อ 25 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Listeria monocytogenes</i> (ต่อ 25 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.37 พบว่าการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ ส่งผลให้คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะยกเว้นด้านสีของกะทิ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้น การทำละลายน้ำแข็งจึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพสีของลอดช่อง อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะและความชอบรวม ยังอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นสูตรและกระบวนการผลิตลอดช่องไทยที่พัฒนาขึ้นนี้มีคุณภาพความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งได้ดี

ตารางที่ 4.37 คะแนนเฉลี่ยความชอบของลอดช่องไทยที่มีการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ

คุณลักษณะ	1 รอบ	2 รอบ
สีของกะทิ (สีน้ำตาล)	7.2±0.7 ^a	6.7±0.9 ^b
กลิ่นโดยรวม ^{ns}	7.3±1.1	6.9±1.1
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง (ความแข็ง) ^{ns}	7.5±0.6	7.4±1.2
รสหวาน ^{ns}	7.5±0.9	7.3±1.0
ความหนืดของกะทิ ^{ns}	7.1±0.9	7.1±0.9
ความชอบรวม ^{ns}	7.6±0.7	7.4±0.7

หมายเหตุ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.4.3.1 การศึกษาคุณภาพของลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้

ลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้ มีส่วนประกอบของน้ำกะทิ คือ น้ำตาลทรายแดง กะทิ เกลือ น้ำ และไฮโดรคอลลอยด์ น้ำกะทิที่มีกรรมวิธีการผลิต คือ ละลายไฮโดรคอลลอยด์และน้ำตาลทรายแดงครึ่งหนึ่งของสูตรกับน้ำร้อน ตีผสมด้วยเครื่องผสม เป็นเวลา 2 นาที พักไว้ หลังจากนั้นนำกะทิตั้งไฟใส่เกลือ น้ำตาลทรายส่วนที่เหลือ คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ประมาณ 4 นาทีด้วยไฟปานกลาง) แล้วจึงใส่ไฮโดรคอลลอยด์ที่เตรียมไว้ คนให้เข้ากันจนได้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปั่นผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (hand homogenizer) ส่วนประกอบของเส้นลอดช่องดังนี้ แป้งข้าวเจ้า แป้งตัดแปร น้ำปูนใส (อัตราส่วนของปูนแดงต่อน้ำ คือ 1:6) และน้ำไบเตย (อัตราส่วนระหว่างไบเตยสดต่อน้ำ คือ 1:5) เส้นลอดช่องมีกรรมวิธีการผลิตคือ ผสมแป้งข้าวเจ้าและแป้งตัดแปรให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำปูนใสลงในแป้งพร้อมกับนวดแป้งจนแป้งเหลวไม่เป็นก้อน จากนั้นเติมน้ำไบเตย และน้ำตาลส้ม คนให้เข้ากัน นำใส่ในกระทะทองเหลืองแล้วให้ความร้อนที่ไฟปานกลาง กวนแป้งจนแป้งมีลักษณะสุกใสโดยใช้เวลาประมาณ 12.30 นาที จากนั้นยกกระทะลง นำเนื้อแป้งที่กวนสุกแล้วใส่ลงในกระบอกบีบเส้นลอดช่อง โดยบีบเส้นลอดช่องลงในน้ำเย็นจัด (อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส) จากนั้นตัดเส้นลอดช่องขึ้นสะอาดน้ำก่อนจะเสิร์ฟพร้อมกัมน้ำกะทิ ลอดช่องไทยลดพลังงานแสดงดังภาพ สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพ และจุลินทรีย์ ของลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง แสดงในตารางที่ 4.38 และคุณค่าทางโภชนาการของลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง แสดงในตารางที่ 4.39 โดยผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบริโภค (100 กรัม) ให้พลังงาน 130 กิโลแคลอรี ซึ่งให้พลังงานลดลงจากสูตรปกติ 42%



ภาพผลิตภัณฑ์ลอดช่องไทยลดพลังงาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าน้ำกะทิมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียว และค่าความเป็นสีเหลือง ค่าเท่ากับ 75.03, -0.67 และ 18.39 ตามลำดับ มีค่าความหนืดของน้ำกะทิ 40.22 เซนติพอยส์ ส่วนเส้นลอดช่องมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียว และ ค่าความเป็นสีเหลือง เท่ากับ 55.30, -8.04 และ 22.24 ตามลำดับ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของลอดช่อง มีค่า ความแน่นเนื้อ ค่าความคงตัว และค่าการเกาะตัวกัน มีค่าเท่ากับ 8.56 N, 49.85 N.sec และ -0.94 N ตามลำดับ การคำนวณต้นทุนสำหรับวัตถุดิบเพื่อผลิตลอดช่องไทย 1 หน่วยบริโภค (100 กรัม) มีราคาประมาณ 2.96 บาท

ตารางที่ 4.38 คุณภาพทางกายภาพและจุลินทรีย์ของลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง

	คุณภาพ	ค่าวิเคราะห์
คุณภาพทางกายภาพ		
สีน้ำกะทิ	L*	75.03±0.04
	a*	-0.67±0.03
	b*	18.39±0.04
ความหนืดน้ำกะทิ (เซนติพอยส์)		40.22±1.05
สีเส้นลอดช่อง	L*	55.30±0.70
	a*	-8.04±0.32
	b*	22.24±0.91
เนื้อสัมผัสลอดช่อง	Firmness (N)	8.56±1.86
	Consistency (N.sec)	49.85±16.31
	Cohesiveness (N)	-0.94±0.65
คุณภาพทางจุลินทรีย์		
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)		1.6×10^2
<i>Escherichia coli</i> (MPN/กรัม)		น้อยกว่า 3
<i>Staphylococcus aureus</i> (โคโลนีต่อกรัม)		น้อยกว่า 10
<i>Clostridium perfringens</i> (โคโลนีต่อกรัม)		น้อยกว่า 10
<i>Bacillus cereus</i> (โคโลนีต่อกรัม)		0.89×10^2
<i>Salmonella</i> spp. (ต่อ 25 กรัม)		ไม่พบ
<i>Vibrio cholera</i> (ต่อ 25 กรัม)		ไม่พบ
<i>Listeria monocytogenes</i> (ต่อ 25 กรัม)		ไม่พบ

ตารางที่ 4.39 คุณค่าทางโภชนาการของลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง

คุณค่าทางโภชนาการ	ค่าวิเคราะห์ (ต่อ 100 กรัม)
ความชื้น (กรัม)	74.52
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	5.15
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	4.45
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	0.00
โปรตีน (กรัม)	0.83
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	19.06
ใยอาหาร (กรัม)	0.51
น้ำตาล (กรัม)	10.18
โซเดียม (มิลลิกรัม)	134.86
วิตามินเอ (ไมโครกรัม อาร์ อี)	9.00
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.00
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.00
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	26.40
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.56
ถั่ว (กรัม)	0.44
สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE)	10.0
Total ORAC (μTE)	129.3

ข้อมูลโภชนาการลดชั่งของไทย			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 100 กรัม			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อภาชนะบรรจุ : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด	130	กิโลแคลอรี	(พลังงานจากไขมัน 45 กิโลแคลอรี)
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
ไขมันทั้งหมด	5	ก.	8 %
ไขมันอิ่มตัว	4.5	ก.	23 %
ไขมันทรานส์	0	ก.	0 %
คอเลสเตอรอล	0	มก.	0 %
โปรตีนน้อยกว่า	1	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	19	ก.	6 %
ใยอาหาร	น้อยกว่า 1	ก.	2 %
น้ำตาล	10	ก.	
โซเดียม	130	มก.	5 %
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0	%	วิตามินบี 1 0 %
วิตามินบี 2	0	%	แคลเซียม 4 %
เหล็ก	4	%	
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

4.4.3.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมลอดช่องไทยลดพลังงาน

แช่เยือกแข็ง

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ที่มีต่อขนมลอดช่องไทยลดพลังงาน จากข้อมูลทางประชากรศาสตร์กลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.40 พบว่าผู้บริโภคเป็นเพศชาย และเพศหญิง 37.8% และ 62.2% ตามลำดับ ช่วงอายุแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ต่ำกว่า 25 ปี, 25-40 ปี, 41-55 ปี, และมากกว่า 55 ปีขึ้นไป การศึกษาที่ได้รับส่วนมากอยู่ในระดับปริญญาตรี 40.8% รองลงมาอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรี 35.7% อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา 65.3% รองลงมาเป็นรับจ้าง/พนักงานบริษัทเอกชน 10.2% และรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,001-30,000 บาท

ด้านพฤติกรรมการบริโภคขนมลอดช่องไทย ดังแสดงในตารางที่ 4.41 พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเคยรับประทานลอดช่องไทย 99.0% และไม่เคยรับประทานขนมลอดช่องไทย 1.0% และกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคชอบรับประทานลอดช่องไทย 85.7% และไม่ชอบ 14.3%

ตารางที่ 4.40 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลดพลังงาน

	ข้อมูลส่วนบุคคล	ความถี่ (%)
เพศ	ชาย	37.8
	หญิง	62.2
อายุ	ต่ำกว่า 25 ปี	57.1
	25-40 ปี	29.6
	41-55 ปี	8.2
	มากกว่า 55 ปีขึ้นไป	5.1
การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	35.7
	ปริญญาตรี	40.8
	สูงกว่าปริญญาตรี	23.5
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	65.3
	รับจ้าง/พนักงานบริษัทเอกชน	10.2
	ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	6.1
	รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	8.2
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	2.0
	อื่นๆ	8.2
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5000 บาท	23.5
	5,001-30,000 บาท	68.4
	30,001-100,000 บาท	8.2
	100,000 บาทขึ้นไป	-

ตารางที่ 4.41 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคลอดช่องไทย

ข้อมูลที่สำคัญ	ความถี่ (%)
เคยรับประทานขนมลอดช่องมาก่อน	
เคย	99.0
ไม่เคย	1.0
ชอบรับประทานขนมลอดช่อง	
ชอบ	85.7
ไม่ชอบ	14.3

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบของขนมลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.42 พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.9) ด้านการยอมรับ และความสนใจซื้อขนมลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.43 พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีการยอมรับ 90.8% และไม่ยอมรับ 9.2% และมีความสนใจซื้อ 56.1% ไม่ซื้อ 12.2% ผู้บริโภคให้ข้อคิดเห็นด้านการไม่ซื้อ เนื่องจากสามารถหาซื้อลอดช่องไทยแบบปกติได้ง่าย และยังมีรสชาติไม่ค่อยเหมือนกับลอดช่องไทยสูตรปกติ และไม่แน่ใจที่จะซื้อ 31.6% เนื่องจากผู้บริโภคบางคนยังไม่แน่ใจพลังงานของลอดช่องไทยที่ลดลงจากสูตรปกติ เมื่อสอบถามกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคด้านราคาการวางจำหน่าย ในถ้วยพลาสติกขนาด 190 ซีซี (สามารถเข้าไมโครเวฟได้) ซึ่งบรรจุลอดช่อง และน้ำกะทิรวม 100 กรัม ราคาถ้วยละ 25 บาท พบว่าผู้บริโภคตัดสินใจซื้อน้อยลง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคให้ความเห็นว่าราคาค่อนข้างสูง ควรปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ให้ดึงดูดใจผู้บริโภคมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อจะออกตลาดจริง จะต้องมีการพัฒนารูปแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์ให้ดึงดูดใจผู้บริโภคมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์แบบ ก (ถ้วยทรงสูง) และแบบ ข (ถ้วยทรงเตี้ย) พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.42 คะแนนเฉลี่ยความชอบของขนมลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สีของกะทิ	6.8±1.4
สีของเส้นลอดช่อง	7.0±1.8
กลิ่น	6.9±1.5
รสหวาน	6.7±1.7
รสชาติโดยรวม	6.8±1.4
ความหนืดของกะทิ	6.6±1.4
เนื้อสัมผัสของลอดช่อง	7.0±1.6
ความชอบรวม	6.9±1.3

ตารางที่ 4.43 การยอมรับและความสนใจซื้อของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่มีต่อขนมลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง

การยอมรับและความสนใจซื้อ	ความถี่ (%)
การยอมรับ	
ยอมรับ	90.8
ไม่ยอมรับ	9.2
ความสนใจซื้อ	
ซื้อ	56.1
ไม่ซื้อ	12.2
ไม่แน่ใจ	31.6
ความสนใจซื้อ เมื่อจำหน่ายลอดช่องและน้ำกะทิรวม 90 กรัม ราคาถ้วยละ 25 บาท	
ซื้อ	54.1
ไม่ซื้อ	18.4
ไม่แน่ใจ	27.6
ท่านคิดว่าขนมลอดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายควรบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบ ก หรือ ข	
บรรจุภัณฑ์แบบ ก	51.0
บรรจุภัณฑ์แบบ ข	49.0

4.4.4 สรุปผลการดำเนินงาน

ลวดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของตลาด แต่ยังไม่มีการจำหน่าย เนื่องจากมีปัญหาด้านคุณภาพหลังการละลายน้ำแข็ง การพัฒนาลวดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง ประสบผลสำเร็จ คือ สามารถลดพลังงานลงได้ประมาณ 42 % จากสูตรเดิม และสามารถรักษาคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหลังจากได้แช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งแล้ว จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์ และสามารถส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศได้ จากการศึกษาได้ผลดังนี้

การศึกษาหาอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งตัดแปรที่เหมาะสม พบว่ามีอัตราส่วนเท่ากับ 80:20 โดยใช้กะทิที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายแดงต่อซูคราโลสที่อัตราส่วน 1:1 การศึกษาผลของชนิดของน้ำตาลที่มีผลต่อคุณลักษณะของลวดช่องไทย โดยศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลทรายแดงต่อน้ำตาลปีบ 3 ระดับ คือ 100:0, 50:50 และ 0:100 พบว่า เมื่อน้ำกะทิมีปริมาณน้ำตาลปีบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง และความหนืดของน้ำกะทิลดลง จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรน้ำกะทิที่เหมาะสมคือ สูตรที่มีปริมาณน้ำตาลทรายแดงชนิดเดียว โดยมีค่าคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะและคะแนนความชอบรวมสูงสุด

ลวดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้ ในส่วนของน้ำกะทิประกอบด้วย กะทิ น้ำตาลทรายแดง เกลือ น้ำ และไฮโดรคอลลอยด์ สำหรับสูตรเส้นลวดช่องประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งตัดแปร น้ำปูนใส และน้ำใบเตย จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า ลวดช่องไทย 100 กรัม (1 หน่วยบริโภค) ให้พลังงานประมาณ 130 กิโลแคลอรี และมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลวดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง จำนวน 100 คน พบว่ามีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.9) ด้านการยอมรับ และความสนใจซื้อขนมลวดช่องไทยลดพลังงานแช่เยือกแข็ง พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีการยอมรับ 90.8 % และเมื่อเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์แบบ ก (ถ้วยทรงสูง) และแบบ ข (ถ้วยทรงเตี้ย) พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน

ข้อเสนอแนะ

แหล่งวัตถุดิบของน้ำตาล ทั้งน้ำตาลทรายและน้ำตาลปีบ มีผลต่อคุณภาพน้ำกะทิทางด้าน สี กลิ่น และความหนืดของน้ำกะทิ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของตัวลวดช่องด้วย โดยเฉพาะด้าน สี และเนื้อสัมผัส ดังนั้นถ้าเปลี่ยนยี่ห้อ หรือแหล่งผลิตน้ำตาล จะมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นี้ด้วย

4.5 วันสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง

4.5.1 วิธีดำเนินงาน

1. การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตวันสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง

1.1 ศึกษาผลของไซโกสต์ ไซโกผงทั้งฟอง และไซแดงผงต่อลักษณะของวันสังขยาฟักทอง

ศึกษาผลของการใช้ไซชนิดต่าง ๆ โดยจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ศึกษาชนิดของไซ 3 ชนิด ได้แก่ ไซโกสต์ ไซโกผงทั้งฟอง และไซแดงผง โดยเตรียมวันสังขยาฟักทองดังนี้ เตรียมส่วนที่ 1 โดยผสมไฮโดรคอลลอยด์ 0.45% ซูคราโลส 0.01% และน้ำตาลทราย 6.03% ในน้ำร้อนด้วยเครื่องตีผสมนาน 2 นาทีตั้งทิ้งไว้ จากนั้นผสมกะทิ และไซ 21.11% และ 9.05% ตามลำดับ (กรณีไซผงใช้อัตราส่วน น้ำต่อไซผง คือ 83:17) และนำลงในหม้อ นำขึ้นตั้งไฟอ่อนจนได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เติมส่วนที่ 1 ลงไปต้มต่อโดยควบคุมให้อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส จนได้ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9° Brix เทใส่ถ้วยพลาสติกที่สามารถเข้าไมโครเวฟได้ ประมาณ 70 กรัม วางทิ้งไว้ให้เย็นวางฟักทองเชื่อมประมาณ 8 ชั้นบนหน้าสังขยา นำตัวอย่างสังขยาฟักทองไปแช่เยือกแข็ง ในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส ละลายผลึกน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์เป็นเวลา 2 นาที 2 รอบจากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

1.2 ศึกษาผลของปริมาณไซแดงผงและกะทิต่อลักษณะของวันสังขยาฟักทอง

โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2x2 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เพื่อศึกษาผลของปริมาณไซผง และกะทิ ปัจจัยแรก คือ ปริมาณไซแดงผง 2 ระดับ ได้แก่ 0.9% และ 1.8% และปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณกะทิ ได้แก่ 15% และ 21% โดยเติมน้ำแทนส่วนที่ลดปริมาณลง และใช้สูตรที่เหมาะสมที่สุดจากการศึกษาข้อ 1.1 และเติมเกลือ 0.2% นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าทางคุณภาพ ดังนี้

1.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ก. ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดค่าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบกด เส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร หรือ P/75 หัววัดเคลื่อนที่กดลงบนตัวอย่างด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที โดยมีระยะกด 50% ของความสูงของตัวอย่าง ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ เพื่อศึกษาค่าความแข็ง (hardness) การเกาะติดผิว (adhesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness) การเกาะรวมตัว (cohesiveness) ระดับความเป็นกาวยาง (gumminess) พลังงานในการเคี้ยว (chewiness) และการคืนตัว (resilience) การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดค่าคือ นำตัวอย่าง (ไมใส่ฟักทองเชื่อม) ที่แช่เยือกแข็งมาทำละลายด้วยไมโครเวฟแล้ว เกลงพิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างออกจากพิมพ์ก่อนวัดค่า

ข. สีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดขนาดกลาง (medium) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำผ่านภาดกระจกใส (Petri dish) การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดค่าคือ นำตัวอย่าง (ไมใส่ฟักทองเชื่อม) ที่แช่เยือกแข็งมาทำละลายด้วยไมโครเวฟแล้ว เกลงพิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างออกจากพิมพ์ตัดด้วยพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

1.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

1.3 ศึกษาผลของอัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทราย ต่อคุณภาพของวุ้นสังขยาฟักทอง นำสูตรที่เหมาะสมที่สุดจากการศึกษาข้อ 1.2 มาศึกษาอัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทราย โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ CRD ทั้งหมด 2 ระดับ คือ อัตราส่วนซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายที่ 50:50 และ 75:25 นำวุ้นสังขยาฟักทองที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และสี วัดค่าตามวิธีการข้อ 1.2.1.ก และ 1.2.1.ข ตามลำดับ

1.3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

2. การศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์หลังการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง (Freeze-thaw stability)

นำตัวอย่างสูตรที่ได้จากการพัฒนาไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจินิก (Cryogenic freezing) จนได้อุณหภูมิตรงกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -25 องศาเซลเซียส และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นำมาศึกษาผลของการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ ตัวอย่างสำหรับศึกษาการทำละลายน้ำแข็งรอบที่ 1 โดยนำตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มาละลายผลึกน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์เป็นเวลา 2 นาที 2 รอบนำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ ส่วนตัวอย่างสำหรับทำละลาย 2 รอบ ใช้สูตรที่เหมาะสมที่สุดจากการพัฒนาสูตร นำตัวอย่างที่ได้ไปแช่เยือกแข็ง ด้วยวิธีไครโอจินิก และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างออกมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำกลับไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ต่ออีก 22 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาละลายผลึกน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์เป็นเวลา 2 นาที 2 รอบ นำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และสี วัดค่าตามวิธีการข้อ 1.2.1. ก และ 1.2.1. ข ตามลำดับ

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบตามวิธีการข้อ 1.2.2

2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholera*, *Listeria monocytogenes* ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การตรวจสอบคุณภาพของวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้

นำวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งที่ได้จากการพัฒนา มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และสี วัดค่าตามวิธี 1.2.1.กและ 1.2.1.ข ตามลำดับ

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ตามวิธีการข้อ 2.3

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์วุ้นสังขยาฟักทองที่ได้จากการพัฒนามาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้การทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) สถานที่ทดสอบ คือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 200 คน โดยทำการสอบถามข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน พฤติกรรมการบริโภควุ้นสังขยา หรือ วุ้นกะทิ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะด้านสีกลิ่น รสหวาน รสชาติโดยรวม เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบรวม รวมทั้งถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อวุ้นสังขยาฟักทอง การเตรียมตัวอย่างสำหรับศึกษา คือ นำตัวอย่างสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งได้จากการพัฒนา มาทำละลายผลึกน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟ (Microwave) กำลังไฟ 600 วัตต์เป็นเวลา 2 นาที 2 รอบ แล้วเทลงพิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนวุ้นแข็งตัว

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและหากสิ่งทดลองมีความแตกต่าง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.5.2 ผลการดำเนินงาน

1. การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง

1.1 การศึกษาผลของไข่ไก่สด ไข่ไก่ผงทั้งฟอง และไข่แดงผดต่อลักษณะของวุ้นสังขยาฟักทอง

จากการทดลองใช้ไข่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ไข่ไก่สด ไข่ไก่ทั้งฟองผง และไข่แดงผง พบว่า วุ้นสังขยาที่ทำเสร็จใหม่จากไข่ทั้ง 3 ชนิด มีเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน แต่วุ้นสังขยาที่ใช้ไข่ทั้งฟองผง มีกลิ่นแปลกปลอม และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง และทำละลาย พบว่าวุ้นสังขยาที่ใช้ไข่ไก่สด มีเจตลักษณะเป็นก้อนเกิดขึ้น ไม่ละลายขณะทำละลาย ทำให้วุ้นที่ได้ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนวุ้นสังขยาที่ใช้ไข่แดงทั้งฟอง ได้วุ้นสังขยาที่เป็นเนื้อเดียวกันแต่มีกลิ่นแปลกปลอม ส่วนวุ้นสังขยาที่ใช้ไข่แดงผง ได้วุ้นสังขยาที่มีกลิ่นและกลิ่นรสคล้ายสังขยา และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง และทำละลาย แล้วได้วุ้นที่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้น จึงนำตัวอย่างที่ใช้ไข่แดงผงไปทำการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

1.2 การศึกษาผลของปริมาณไข่แดงผงและกะทิต่อคุณภาพของวุ้นสังขยาฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของปริมาณไข่แดงผง และกะทิ ที่มีผลต่อลักษณะ ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่นค่าการเกาะรวมตัวและค่าการคืนตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการศึกษาพบว่าปริมาณไข่ และกะทิ มีผลต่อค่าสีของตัวอย่างวุ้นอย่างมี

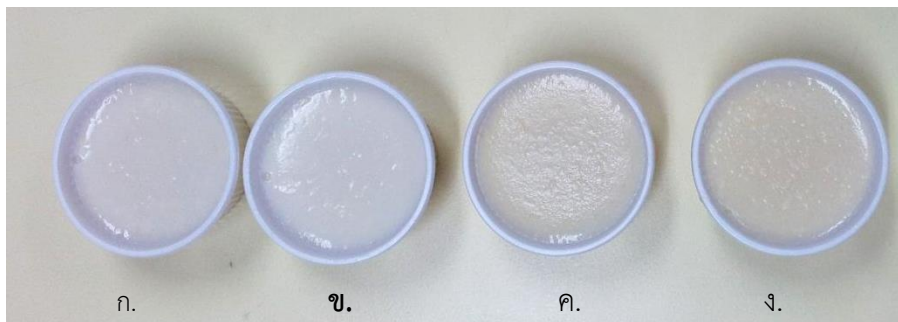
นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.44 และพบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณของไข่แดงมากกว่าจะมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มากกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณของไข่แดงน้อย เนื่องจากสีเหลืองของไข่แดง

ตารางที่ 4.44 ลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของวุ้นสังขยาที่มีปริมาณไข่แดงและกะทิแตกต่างกัน

คุณลักษณะ		ปริมาณไข่แดง (%)			
		0.9		1.8	
		ปริมาณกะทิ (%)			
		15	21	15	21
เนื้อสัมผัส	Hardness (N) ^{ns}	27.48±0.92	28.45±1.77	26.85±2.27	29.18±1.39
	Adhesiveness (N.sec)	6.93±1.05 ^{ab}	5.71±1.41 ^b	6.81±0.26 ^{ab}	7.75±1.10 ^a
	Springiness ^{ns}	0.71±0.03	0.72±0.05	0.73±0.02	0.73±0.01
	Cohesiveness ^{ns}	0.42±0.03	0.44±0.01	0.41±0.01	0.43±0.04
	Gumminess	1.45±0.86 ^{ab}	12.43±0.69 ^a	11.11±0.68 ^b	12.39±0.98 ^a
	Chewiness	8.10±0.92 ^b	8.91±0.30 ^a	8.05±0.33 ^b	9.01±0.62 ^a
	Resilience ^{ns}	0.14±0.02	0.16±0.01	0.15±0.01	0.16±0.01
สี	L*	67.84±1.98 ^b	70.76±1.32 ^a	68.93±0.15 ^b	68.08±0.26 ^b
	a*	-1.29±0.14 ^b	-1.07±0.15 ^a	-1.06±0.00 ^a	-1.12±0.12 ^a
	b*	5.95±0.24 ^c	6.36±0.57 ^c	11.38±0.14 ^a	9.56±0.24 ^b

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพสีของวุ้นสังขยาที่มีปริมาณไข่แดงและกะทิแตกต่างกัน
 ก. ไข่แดง 0.9% กะทิ 15% ข. ไข่แดง 1.8% กะทิ 15%
 ค. ไข่แดง 0.9% กะทิ 21% ง. ไข่แดง 1.8% กะทิ 21%

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าปริมาณไข่แดง และกะทิมิผลต่อความชอบด้านสี กลิ่นกะทิ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยด้านของสี

ตัวอย่างวุ้นสังขยาที่ใช้ปริมาณไข่แดงผสูง ที่มีสีเหลืองมากกว่า จึงมีคะแนนความชอบสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ไข่แดงผต่ำ แสดงว่าตัวอย่างที่ใช้ไข่แดงผ 0.9% มีสีเหลืองน้อยเกินไป ด้านกลิ่นกะทิ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ ตัวอย่างที่ใส่กะทิและไข่ปริมาณน้อยสูงที่สุด ตัวอย่างที่ใส่ไข่แดงผมากกว่าได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นกะทิต่ำกว่า เนื่องจากปริมาณของไข่แดงทำให้ตัวอย่างมีกลิ่นของไข่แรงกลบกลิ่นกะทิ และทำให้ผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบลดลง ด้านกลิ่นรสไข่ และความหวานมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าปริมาณของไข่แดงผที่แตกต่างกันและกะทิที่แตกต่างกันในปริมาณที่ศึกษาไม่ส่งผลต่อความชอบด้านกลิ่นรสไข่ และความชอบด้านรสหวาน สำหรับความชอบด้านเนื้อสัมผัส ตัวอย่างที่ใช้ปริมาณไข่น้อยกว่ามีคะแนนความชอบมากกว่า และพบว่าตัวอย่างที่ใช้ปริมาณไข่แดงผ 0.9% และปริมาณกะทิ 21% ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้ปริมาณไข่แดงผ 0.9% และปริมาณกะทิ 21% เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสไข่ และรสหวานไม่แตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นกะทิ ด้านเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (ตารางที่ 4.45)

ตารางที่ 4.45 คะแนนความชอบเฉลี่ยของวุ้นสังขยาที่มีปริมาณไข่และกะทิแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณไข่แดงผ (%)			
	0.9		1.8	
	ปริมาณกะทิ (%)			
	15	21	15	21
สี	6.4±1.0 ^c	6.5±1.2 ^c	7.0±1.0 ^b	7.5±1.0 ^a
กลิ่นกะทิ	6.9±1.0 ^a	6.5±1.4 ^{ab}	6.6±1.1 ^{ab}	6.3±1.6 ^b
กลิ่นรสไข่ ^{ns}	6.5±0.9	7.0±1.0	6.8±1.2	6.5±1.3
รสหวาน ^{ns}	7.0±1.5	7.4±1.0	7.2±0.9	7.0±1.3
เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)	7.3±1.0 ^{ab}	7.5±1.1 ^a	7.1±1.4 ^b	7.1±1.3 ^b
ความชอบโดยรวม	6.8±1.1 ^{ab}	7.2±1.1 ^a	6.7±1.0 ^b	7.0±1.1 ^{ab}

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

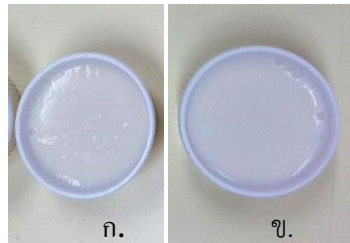
1.3 การศึกษาผลของอัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทราย ต่อคุณภาพของวุ้นสังขยาฟักทอง จากการศึกษพบว่าอัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายไม่มีผลต่อค่าความแน่นแข็ง การเกาะติดผิว ความยืดหยุ่น การเกาะรวมตัวและการคืนตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นด้านความเป็นกาวยาง และพลังงานในการเคี้ยว ดังแสดงในตารางที่ 4.46 แสดงว่า การลดลงของน้ำตาลทราย มีผลทำให้ค่าความเป็นกาวยาง และพลังงานในการเคี้ยวของตัวอย่างลดลง ตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 75:25 มีค่าความสว่าง (L^*) และ ค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) มากกว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 50:50 เนื่องจากเมื่อลดปริมาณน้ำตาลทรายลงและทดแทนด้วยน้ำ ทำให้สีน้ำตาลอ่อนของตัวอย่างวุ้นลดลง ดังภาพด้านล่าง

ตารางที่ 4.46 ลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของวุ้นสังขยาที่ใช้ชูคราโลสในอัตราส่วน 50:50 และ 75:25

คุณสมบัติ	คุณลักษณะ	อัตราส่วนของชูคราโลสต่อน้ำตาลทราย	
		50:50	75:25
เนื้อสัมผัส	Hardness (N) ^{ns}	28.45±1.77	28.14±2.07
	Adhesiveness (N.sec) ^{ns}	5.70±1.41	6.83±0.56
	Springiness ^{ns}	0.72±0.05	0.72±0.01
	Cohesiveness ^{ns}	0.44±0.01	0.43±0.00
	Gumminess	12.43±0.69 ^a	12.06±0.85 ^b
	Chewiness	8.91±0.30 ^a	8.70±0.73 ^b
	Resilience ^{ns}	0.16±0.01	0.15±0.01
สี	L*	70.76±1.32 ^b	73.13±0.09 ^a
	a*	-1.07±0.15 ^b	-0.84±0.01 ^a
	b* ^{ns}	6.36±0.57	6.14±0.12

หมายเหตุ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพวุ้นสังขยาฟักทองที่ใช้ชูคราโลสต่อน้ำตาลทรายขาวในอัตราส่วนต่างกัน (ก.) 50:50 และ (ข.) 75:25

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าอัตราส่วนของชูคราโลสต่อน้ำตาลทรายขาวมีผลต่อความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นกะทิ กลิ่นรสกะทิ กลิ่นรสไข่ และรสหวาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.47 โดยตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 50:50 มีคะแนนความชอบของคุณลักษณะดังกล่าวมากกว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 75:25 ด้านความหวานตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 75:25 มีคะแนนความชอบน้อยกว่า เนื่องจากชูคราโลสมีผลทำให้เกิดรสหวานตกค้างนาน ส่วนคะแนนความชอบด้าน สีครีม เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.47 คะแนนความชอบเฉลี่ยของวันสั่งขยาฟักทองที่ใช้ซูคราโลสในอัตราส่วน 50:50 และ 75:25

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทราย	
	50:50	75:25
สีครีม ^{ns}	6.9±0.8	7.0±0.9
กลิ่นกะทิ	6.6±1.1 ^a	6.2±1.1 ^b
กลิ่นรสกะทิ	6.8±0.9 ^a	6.3±1.2 ^b
กลิ่นรสไข่	6.7±0.8 ^a	6.2±1.3 ^b
รสหวาน	7.2±1.0 ^a	6.4±1.3 ^b
เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) ^{ns}	7.0±1.2	6.9±0.8
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.9±0.8	6.4±1.1

หมายเหตุ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านความพอดี (ตารางที่ 4.48) ตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 50:50 มีความพอดีมากกว่าหรือเท่ากับ 70 % ในทุกด้าน ยกเว้นด้านกลิ่นกะทิโดย 33.33 % เห็นว่ามีกลิ่นกะทิน้อยเกินไป แต่อย่างไรก็ตามมีคะแนนความพอดีเกิน 50 % ส่วนตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 75:25 มีความพอดีในด้านสีครีม และเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) มากกว่า 70 % และด้านกลิ่นกะทิ กลิ่นรสกะทิ กลิ่นรสไข่ และความหวานมีความพอดีต่ำกว่า 70 % และมีคะแนนความรู้สึกด้านกลิ่นกะทิ กลิ่นรสกะทิ กลิ่นรสไข่ และความหวานน้อยเกินไป ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้น้ำตาลซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายขาวในอัตราส่วน 50:50 เนื่องจากมีคะแนนความชอบในด้าน กลิ่นรสกะทิ กลิ่นรสไข่ รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.48 คะแนนความพอดี (%) ของวันสั่งขยาฟักทองที่ใช้ซูคราโลสในอัตราส่วน 50:50 และ 75:25

คุณลักษณะ	50:50			75:25		
	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
สีครีม	13.33	80.00	6.67	20.00	80.00	0.00
กลิ่นกะทิ	33.33	56.67	10.00	50.00	46.67	3.33
กลิ่นรสกะทิ	23.33	70.00	6.67	43.33	53.33	3.33
กลิ่นรสไข่	13.33	70.00	16.67	23.33	56.67	20.00
รสหวาน	13.33	80.00	6.67	43.33	50.00	6.67
เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)	6.67	76.67	16.67	13.33	80.00	6.67

2. ความคงตัวของผลิตภัณฑ์หลังการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง (Freeze-thaw stability)

นำตัวอย่างสูตรที่ได้จากการพัฒนาไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีโครโอจินิก จนได้อุณหภูมิตรงกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -25 องศาเซลเซียส ดังภาพ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นำมาศึกษาผลของการทำละลายน้ำแข็ง 2 รอบ คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสจากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบด้านเนื้อสัมผัสกับตัวอย่างที่ทำละลาย 1 รอบ พบว่า จำนวนครั้งการแช่เยือกแข็งและทำละลายไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของตัวอย่างวุ้นสังขยาฟักทอง ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.49 เนื่องจากสังขยาฟักทองเมื่อนำมาละลายด้วยไมโครเวฟ จะละลายและเซตตัวใหม่ ทำให้มีเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากเดิมด้านค่าสี เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งและทำละลาย 1 รอบ พบว่า ตัวอย่างวุ้นสังขยาที่มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.49 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.50 พบว่า ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในมาตรฐาน และปลอดภัยในการบริโภค



ภาพการแช่เยือกแข็งด้วย Cryogenic freezer

ตารางที่ 4.49 ลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของวุ้นสังขยาที่แช่เยือกแข็งและทำละลาย 1 และ 2 รอบ

คุณลักษณะ	จำนวนรอบในการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง		
	1	2	
เนื้อสัมผัส	Hardness (N) ^{ns}	30.95±1.60	28.95±3.24
	Adhesiveness (N.sec) ^{ns}	4.59±2.02	5.85±2.14
	Springiness ^{ns}	0.67±0.04	0.68±0.04
	Cohesiveness ^{ns}	0.45±0.01	0.46±0.01
	Gumminess ^{ns}	1506.99±86.04	1432.11±173.73
	Chewiness ^{ns}	1005.19±75.84	969.54±109.56
	Resilience ^{ns}	0.16±0.00	0.16±0.00
สี	L*	70.73±0.48 ^a	68.88±0.20 ^b
	a*	-0.87±0.02 ^a	-1.01±0.05 ^b
	b*	6.92±0.27 ^a	6.20±0.29 ^b

หมายเหตุ ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 4.50 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งที่มีการทำละลายน้ำแข็ง 1 และ 2 รอบ

คุณภาพ	การละลาย	
	1 รอบ	2 รอบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
<i>Staphylococcus aureus</i> (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
<i>Clostridium perfringens</i> (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
<i>Bacillus cereus</i> (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
<i>Salmonella</i> spp. (ต่อ 25 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Vibrio cholera</i> (ต่อ 25 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Listeria monocytogenes</i> (ต่อ 25 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ

จากการศึกษาการแช่เยือกแข็งและทำละลาย 2 รอบ เมื่อเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัส กับตัวอย่างที่ทำละลาย 1 รอบ พบว่าคะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รสหวาน และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัสมีคะแนนความชอบลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.51 แต่เมื่อพิจารณาผลการวัดค่าด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเกิดจากความรู้สึกของผู้ทดสอบ เนื่องจากตัวอย่างมีสีที่มันวาวลดลง และลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้คะแนนความชอบลดลง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบโดยมีความชอบโดยรวมทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4.51 คะแนนความชอบเฉลี่ยของวุ้นสังขยาฟักทองที่แช่เยือกแข็งและทำละลาย 1 และ 2 รอบ

คุณลักษณะ	จำนวนรอบในการแช่เยือกแข็งและทำละลาย	
	1	2
สี ^{ns}	7.0±1.23	7.0±1.10
กลิ่น ^{ns}	7.1±0.99	7.3±0.80
รสหวาน ^{ns}	7.3±1.49	7.3±1.08
เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)	7.6±0.96 ^a	6.8±1.16 ^b
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.3±0.71	7.2±0.96

หมายเหตุ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. คุณภาพของสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้

จากการพัฒนาสูตร และกระบวนการผลิตวุ้นสังขยาฟักทองลดพลังงานแช่เยือกแข็งได้สูตรที่เหมาะสม โดยมีส่วนผสมดังนี้ กะทิ 21.07% ไข่แดงผง 0.90% น้ำตาลทราย 6.02% ซูคราโลส 0.01% ไฮโดรคอลลอยด์ 0.45% เกลือ 0.2% และน้ำ 71.34% วิธีการผลิตคือผสมส่วนผสมโดยควบคุมให้ได้ อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส จนได้ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9 °Brix เทใส่ถ้วยพลาสติกที่สามารถเข้าไมโครเวฟได้ ประมาณ 70 กรัม วางทิ้งไว้ให้เย็น วางฟักทองเชื่อมประมาณ 8 ชิ้นบนหน้าสังขยา นำตัวอย่างวุ้นสังขยาฟักทองไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง ในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เมื่อนำมาละลายน้ำแข็งโดยเข้าตู้ไมโครเวฟแล้ว ได้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

วิธีการเตรียมฟักทองเชื่อม นำฟักทองที่หั่นเป็นแท่งแล้วมาแช่น้ำปูนใส 30 นาที จากนั้นนำมาต้มในน้ำในอัตราส่วน 1:1 นาน 2 นาที พักไว้ จากนั้นละลายน้ำตาลทราย มอลโตเดกซ์ทริน และน้ำร้อน ในกระทะทองเหลืองจนละลายหมด นำฟักทองลงเชื่อมในน้ำเชื่อม ประมาณ 8 นาที หรือจนได้ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 70 °Brix สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพ และจุลินทรีย์ ของวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง แสดงในตารางที่ 4.52



ภาพผลิตภัณฑ์วุ้นสังขยาฟักทองหลังนำไปแช่เยือกแข็ง



ภาพผลิตภัณฑ์วุ้นสังขยาฟักทองลดพลังงานแช่เยือกแข็งหลังทำการละลายน้ำแข็ง

ตารางที่ 4.52 คุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง

คุณภาพ		ค่าวิเคราะห์
คุณภาพทางกายภาพ		
เนื้อสัมผัสวุ้นสังขยา	Hardness (N)	30.95±1.60
	Adhesiveness (N.sec)	4.59±2.02
	Springiness	0.67±0.04
	Cohesiveness	0.45±0.01
	Gumminess	1506.99±86.04
	Chewiness	1005.19±75.84
	Resilience	0.16±0.00
	สีวุ้นสังขยา	L*
a*		-0.87±0.02
b*		6.92±0.27
คุณภาพทางจุลินทรีย์		
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)		น้อยกว่า 10
<i>Escherichia coli</i>		น้อยกว่า 3
<i>Staphylococcus aureus</i>		น้อยกว่า 10
<i>Clostridium perfringens</i>		น้อยกว่า 10
<i>Bacillus cereus</i>		น้อยกว่า 10
<i>Salmonella spp.</i>		ไม่พบ
<i>Vibrio cholera</i>		ไม่พบ
<i>Listeria monocytogenes</i>		ไม่พบ

4. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็ง

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 200 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมวุ้นสังขยาฟักทองแช่เยือกแข็งลดพลังงาน จากข้อมูลทางประชากรศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 4.53 โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบเป็นเพศชายและเพศหญิง 34.7% และ 65.3% ตามลำดับโดยแบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่อายุต่ำกว่า 25 ปี, 25-40 ปี, 41-55 ปี และมากกว่า 55 ปีขึ้นไป โดยแต่ละช่วงอายุมีจำนวน 55.7, 29.9, 11.4 และ 3 ตามลำดับ ระดับการศึกษาสูงสุดที่สำเร็จการศึกษา ส่วนมากจะสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีแล้ว 41.9% และรองลงมาคือ ต่ำกว่าปริญญาตรี 37.7% ซึ่งส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา 63.5% รองลงมาคือ รัฐวิสาหกิจ 12.6% และรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,001-30,000 บาท 61.7%

ด้านพฤติกรรมการบริโภควุ้นสังขยา/วุ้นกะทิ ดังแสดงในตารางที่ 4.54 พบว่ากลุ่มผู้บริโภคเคยรับประทานวุ้นสังขยา/วุ้นกะทิมาก่อน 97.0% และไม่เคยรับประทานวุ้นสังขยา/วุ้นกะทิมาก่อน 3% กลุ่มผู้บริโภคชอบรับประทานวุ้นสังขยา/วุ้นกะทิ 83.2% และไม่ชอบรับประทานวุ้นสังขยา/วุ้นกะทิ 16.8%

ตารางที่ 4.53 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับวัฒนธรรมสุขภาพฟักทอง

	ข้อมูลส่วนบุคคล	ความถี่ (%)
เพศ	ชาย	34.7
	หญิง	65.3
อายุ	ต่ำกว่า 25 ปี	55.7
	25-40 ปี	29.9
	41-55 ปี	11.4
	มากกว่า 55 ปีขึ้นไป	3.0
การศึกษาสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว	ต่ำกว่าปริญญาตรี	37.7
	ปริญญาตรี	41.9
	สูงกว่าปริญญาตรี	20.4
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	63.5
	รับจ้าง/พนักงานบริษัทเอกชน	8.4
	ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	6.0
	รับราชการ/พนักงาน	
	รัฐวิสาหกิจ	12.6
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	2.4
	อื่นๆ	7.2
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5000 บาท	25.1
	5,001-30,000 บาท	61.7
	30,001-100,000 บาท	10.2
	100,000 บาทขึ้นไป	3.0

ตารางที่ 4.54 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภควุ้นสังขยา/วุ้นกะทิ

ข้อมูลที่สำรวจ	ความถี่ (%)
เคยรับประทานวุ้นสังขยา/วุ้นกะทิมาก่อน	
เคย	97.0
ไม่เคย	3.0
ชอบรับประทานวุ้นสังขยา/วุ้นกะทิ	
ชอบ	83.2
ไม่ชอบ	16.8

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 4.55 พบว่า ขนมวุ้นสังขยาฟักทองมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.0) โดย มีการยอมรับผลิตภัณฑ์ 82.0% และไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ 18.0% (ตารางที่ 4.56) เนื่องจากส่วนมากเห็นว่าปริมาณฟักทองน้อยเกินไป ด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ มีผู้บริโภคที่สนใจซื้อ 56.9% ไม่สนใจซื้อ 20.4% เนื่องจากไม่ชอบรับประทานของหวานและไม่แนใจ 22.8% เนื่องจากต้องการข้อมูลด้านอื่นๆประกอบการตัดสินใจ เช่น ราคา ปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม และการโฆษณา จากผลการสอบถามความสนใจซื้อ เมื่อจำหน่ายวุ้นสังขยาฟักทอง โดยบรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 140 ซีซี (สามารถเข้าไมโครเวฟได้) ซึ่งบรรจุ 70 กรัม ราคาถ้วยละ 15 บาท มีผู้บริโภคที่สนใจซื้อเพิ่มขึ้นเป็น 59.9% เนื่องจากเห็นว่าราคาไม่แพง ไม่สนใจซื้อ 16.2% เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ยังดูไม่น่าสนใจ และไม่แนใจ 24.0% เนื่องจากยังต้องการข้อมูลด้านอื่น ๆ ประกอบการตัดสินใจ เช่น การโฆษณา การเก็บรักษา และข้อมูลทางโภชนาการ

ตารางที่ 4.55 คะแนนเฉลี่ยความชอบของวุ้นสังขยาฟักทองลดพลังงานแช่เยือกแข็ง

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สี	6.9±1.3
กลิ่น	6.6±1.4
รสหวาน	6.8±1.5
รสชาติโดยรวม	6.9±1.4
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)	7.2±1.2
ความชอบรวม	7.0±1.2

ตารางที่ 4.56 การยอมรับและความสนใจซื้อของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่มีต่อวุ้นสังขยาฟักทองลดพลังงาน
แช่เยือกแข็ง

การยอมรับและความสนใจซื้อ		ความถี่ (%)
การยอมรับ		
	ยอมรับ	82.0
	ไม่ยอมรับ	18.0
ความสนใจซื้อ		
	ซื้อ	56.9
	ไม่ซื้อ	20.4
	ไม่แน่ใจ	22.8
ความสนใจซื้อ เมื่อจำหน่ายวุ้นสังขยาฟักทอง 70 กรัม ราคาถ้วยละ 15 บาท		
	ซื้อ	59.9
	ไม่ซื้อ	16.2
	ไม่แน่ใจ	24.0

4.5.3 สรุปผลการดำเนินงาน

การพัฒนาสูตรได้ทำการศึกษาผลของไข่ไก่สด ไข่ไก่ผงทั้งฟอง และไข่แดงต่อลักษณะของวุ้นสังขยาฟักทอง พบว่า ไข่แดงเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้กลิ่นรสที่เหมือนกับวุ้นสังขยาฟักทอง และได้เนื้อสัมผัสเนียนหลังการละลายน้ำแข็ง จากการทดลองศึกษาปริมาณไข่แดง และกะทิ พบว่า ปริมาณของไข่แดงและกะทิไม่มีผลต่อค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะรวมตัว และค่าการคืนตัวของวุ้นสังขยา แต่ปริมาณของไข่แดงมีผลต่อสี โดยเมื่อปริมาณของไข่แดงเพิ่มขึ้นทำให้มีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มากขึ้น และจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือ ไข่แดงผง 0.9% และกะทิ 21%

การศึกษ้อัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายพบว่า อัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายไม่มีผลต่อค่าความแน่นแข็งการเกาะติดผิว ความยืดหยุ่น การเกาะรวมตัว และการคืนตัว จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าอัตราส่วนของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายที่เหมาะสมคือ 1:1 จากการศึกษาคำนวณพลังงานที่ได้รับต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (75 กรัม) พบว่าให้พลังงานประมาณ 90 กิโลแคลอรี การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า วุ้นสังขยาฟักทองมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.0) มีการยอมรับผลิตภัณฑ์ 82.0% และไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ 18.0% ด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ มีผู้บริโภคที่สนใจซื้อ 56.9% ไม่สนใจซื้อ 20.4% และไม่แน่ใจ 22.8%